

ESTRATEGIAS DE MEJORAMIENTO DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA
LÍNEA DE TERMOFORMADO EN LA EMPRESA CREAPACK LTDA

AUTORA:
LAURA MARCELA MORENO MANZANO

UNIVERSIDAD LIBRE
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
BOGOTÁ, DC. Febrero de 2013

ESTRATEGIAS DE MEJORAMIENTO DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA
LÍNEA DE TERMOFORMADO EN LA EMPRESA CREAPACK LTDA

Proyecto de grado como prerrequisito de grado
Para optar al título de ingeniera industrial

AUTORA:
LAURA MARCELA MORENO MANZANO
CÓDIGO 062071040

DIRECTOR:
ING. HERNANDO CASTRO PIÑERES



UNIVERSIDAD LIBRE
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
BOGOTÁ, DC. Febrero de 2013

HOJA DE ACEPTACIÓN

El trabajo de grado titulado Estrategias de Mejoramiento del Proceso Productivo de la Línea de Termoformado en la Empresa CREAPACK LTDA realizado por la estudiante Laura Marcela Moreno Manzano con código 062071040, cumple con todos los requisitos legales exigidos por la Universidad Libre para optar al título de Ingeniería Industrial.

Director del proyecto

Jurado 1

Jurado 2

Bogotá D.C, febrero de 2013

DEDICATORIA

A Dios mi señor quien es dueño de mi vida, “el Dios de los cielos me prospera y yo su hijo, me levanto y edifico” y a mis padres que con su constante esfuerzo y apoyo han hecho de mi la persona que soy e hicieron posible el cumplimiento de esta meta.

La autora.

AGRADECIMIENTOS

La autora agradece a:

El gerente de la empresa Creapack Ltda Jairo Gómez por su colaboración en la elaboración del proyecto, al ingeniero Hernando Castro Piñeres director del proyecto, a la Universidad Libre por los conocimientos adquiridos, a mi familia por su apoyo y amor incondicional y a todas las personas que han estado presentes en este proceso.

La autora.

RESUMEN

El presente trabajo tiene por objeto realizar un estudio en la empresa Creapack Ltda ubicada en la ciudad de Bogotá D.C dedicada a la elaboración de productos a base de resinas plásticas como el poliestireno de alto impacto y el polipropileno, el estudio se llevó a cabo en el área productiva de la empresa haciendo énfasis en la línea de termoformación, estableciendo mejoras que generen mayores utilidades a las actuales.

Las problemáticas más relevantes encontradas en la línea productiva de termoformación de la empresa son el bajo nivel tecnológico, la inexistencia de planeación de la producción y el incumplimiento parcial de la demanda.

La determinación de las mejoras propuestas para la solución de las problemáticas encontradas, se efectuó por medio de diagnósticos generales en el área productiva y específicos en la línea de termoformación caracterizando sus procesos y métodos, determinando fortalezas y debilidades que contribuyeron a la detección de los factores críticos y con ello al planteamiento de dichas mejoras. Mejoras que se plantearon con el desarrollo de estrategias ingenieriles como la capacitación del personal, la creación de un plan de producción agregado y la utilización de la herramienta 5S's de Lean Manufacturing.

Finalmente se realizó una simulación de los diferentes escenarios, obteniendo una validación de las estrategias de mejoramiento propuestas.

Palabras clave: Proceso Productivo, Termoformado, Estrategias Ingenieriles, Utilidad, Productividad.

ABSTRACT

The following work aims to make a study on the enterprise Creapack Ltda located in the city on Bogota D.C, dedicated to the elaboration of products made from plastic resins such as polystyrene of high impact and polypropylene, the study was focused on the productive area of the enterprise, emphasizing in the processes of thermoforming, establishing upgrades that generate greater utilities than those from actuality.

The most relevant issue found in the line of productivity of thermoforming of the enterprise alluded to the low technological level, the inexistence of productivity planning and the partial breach of the demand.

The determination of the best proposals for the resolution of the problematics encountered, were made through the general diagnostics in the productivity area and specifically in the line of thermoforming characterizing the processes and methods and establishing strengths and weaknesses that contributed to the detention of critical factors and with it the approach to certain improvements.

Finally, a simulation was made from the different scenarios, obtaining a validation for the best proposals.

Keywords: Productive Process, Thermoforming, Strategies of Engineering, Usefulness, Productivity.

CONTENIDO

Pág.

INTRODUCCIÓN	16
1. JUSTIFICACIÓN	18
2. GENERALIDADES.....	20
2.1 PROBLEMA	20
2.1.1 Descripción	20
2.1.2 Formulación	26
2.2 OBJETIVOS	26
2.2.1 General	26
2.2.2 Específicos	26
2.3 DELIMITACIÓN.....	27
2.4 METODOLOGÍA.....	28
2.4.1 Tipo de investigación	28
2.4.2 Cuadro metodológico.....	28
2.4.3 Marco legal.....	30
2.4.4 Maco normativo	32
2.5 MARCO REFERENCIAL	34
2.5.1 Antecedentes	34
2.5.2 Marco teórico	38
2.5.3 Marco conceptual	56
3. DESARROLLO DEL PROYECTO.....	58
3.1 CARACTERIZACIÓN DE LA LÍNEA PRODUCTIVA DE TERMOFORMADO	58
3.2 DIAGNÓSTICO DEL ÁREA PRODUCTIVA DE LA EMPRESA	80

3.3 ESTUDIO DE TIEMPOS DE LOS PROCESOS CRÍTICOS	89
3.4 DETERMINACIÓN DE LAS ESTRATEGIAS INGENIERILES	100
3.5 DESARROLLO DE INDICADORES DE GESTIÓN	116
3.6 VALIDACIÓN DE LAS ESTRATEGIAS PROPUESTAS POR MEDIO DE UNA SIMULACIÓN	119
4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	129
5. CONCLUSIONES.....	133
6. RECOMENDACIONES.....	135
BIBLIOGRAFÍA	136
CIBERGRAFÍA.....	138
ANEXOS	140

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Consumo mundial de plástico (en millones de toneladas).	20
Cuadro 2. Unión europea (ue-25): principales productos de exportación del Sector de plásticos en formas primarias, 2003-2005.	21
Cuadro 3. Principales empresas de plástico colombianas 2010.....	22
Cuadro 4. Producción de empresas plásticas en Bogotá por localidad	24
Cuadro 5. Estudio de tiempos. Platón de carretilla 1	60
Cuadro 6. Estudio de tiempos. Platón de carretilla 2.....	63
Cuadro 7. Estudio de tiempos. Platón de carretilla 3.....	65
Cuadro 8. Tiempo normal de platón de carretilla	67
Cuadro 9. Asignación de tolerancias del proceso de platón de carretilla	68
Cuadro 10. Tiempo estándar del platón de carretilla	68
Cuadro 11. Estudio de tiempos de termoformado de vasos desechables	70
Cuadro 12. Tiempo normal del proceso de termoformado de vasos desechables	72
Cuadro 13. Asignación de tolerancias del proceso de termoformado de vasos desechables	73
Cuadro 14. Tiempo estándar del proceso de termoformado de vasos desechables	73
Cuadro 15. Tiempos de operación operario- máquina del proceso de termoformado de platón de carretilla.....	74
Cuadro 16. Tiempos de operación operario-máquina del proceso de termoformado de vasos desechables	77
Cuadro 17. Caracterización del proceso de termoformado de Creapack Ltda	79

Cuadro 18. Asignación de puntos de las variables	85
Cuadro 19. Diagnostico dinámico estratégico	87
Cuadro 20. Procesos críticos, debilidades y falencias	88
Cuadro 21. Estudio de tiempos del control de calidad	91
Cuadro 22. Estudio de tiempos de desmolde de producto en proceso	92
Cuadro 23. Estudio de tiempos de desmolde de producto en proceso 2	93
Cuadro 24. Tiempo normal del control de calidad	94
Cuadro 25. Tiempo normal de desmolde de producto en proceso	94
Cuadro 26. Estudio de tiempos de control de calidad	95
Cuadro 27. Estudio de tiempos del empaque de PT	96
Cuadro 28. Estudio de tiempos de control de calidad 2	97
Cuadro 29. Estudio de tiempos del empaque de PT 2	98
Cuadro 30. Tiempo normal del control de calidad	99
Cuadro 31. Tiempo normal del empaque de PT	99
Cuadro 32. Demanda mensual de la línea de termoformado.....	103
Cuadro 33. Método de inventario cero	105
Cuadro 34. Método de fuerza de trabajo nivelada	106
Cuadro 35. Método de producción constante sin faltantes	108
Cuadro 36. Método plan mixto	110
Cuadro 37. Comparación de costos de los cuatro métodos de planeación agregada	112
Cuadro 38. Comparación de costos de los cuatro métodos de planeación agregada con reducción de tiempo.....	113
Cuadro 39. Comparación de escenarios	118

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Exportaciones de las principales resinas plásticas 2007-2009 (Toneladas) en Colombia	23
Figura 2. Información en toneladas	23
Figura 3. Ubicación geográfica de CREAPACK LTDA	28
Figura 4. Publicaciones Acoplásticos.....	35
Figura 5. Métodos y mediciones	40
Figura 6. Graficas del proceso de operación o símbolos ASME.....	41
Figura 7. Sistema de producción	45
Figura 8. Formula de error estándar.....	62
Figura 9. Diagrama de proceso de termoformado de platón de carretilla	75
Figura 10. Comparación de tiempos de termoformado de platón de carretillas	76
Figura 11. Diagrama de proceso de termoformado de vasos desechables ..	78
Figura 12. Comparación de tiempos de termoformado de vasos desechables	79
Figura 13. Diagrama de Pareto de debilidades.....	86
Figura 14. Formula costo de capacitación	102
Figura 15. Unidades producidas por trabajador de la línea de termoformado	104
Figura 16. Trabajadores necesarios, inventario cero	104
Figura 17. Trabajadores necesarios, fuerza de trabajo nivelada	106
Figura 18. Trabajadores necesarios, producción constante sin faltantes ...	108
Figura 19. Trabajadores necesarios, plan mixto	110
Figura 20. Comparación de costos de planeación agregada	113
Figura 21. Área de producción	115

Figura 22. Indicador de capacidad disponible (D)	117
Figura 23. indicador de ventas	117
Figura 24. Indicador de productividad en valores	117
Figura 25. Indicador de productividad en unidades	117
Figura 26. Planteamiento del modelo de platones de carretilla	120
Figura 27. Entidades del modelo de platones de carretilla.....	121
Figura 28. Recursos del modelo de platones de carretilla	121
Figura 29. Path Networks del modelo de platones de carretilla	122
Figura 30. Processing platón de carretilla	123
Figura 31. Planteamiento del modelo de vasos desechables.....	125
Figura 32. Entidades del modelo de vasos desechables.....	126
Figura 33. Recursos del modelo de vasos desechables.....	126
Figura 34. Path Networks del modelo de vasos desechables	127
Figura 35. Processing de vasos desechables	128
Figura 36. Ganancias actuales vs propuestas con reducción de tiempo	129
Figura 37. Ganancias actuales vs propuestas con cumplimiento de la demanda.....	130
Figura 38. Porcentaje de ganancias vs costos de método propuesto.....	131
Figura 39. Producción actual vs producción propuesta.....	132

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Lista de reglas de la OPT47

Tabla 2. Análisis DOFA del área productiva de Creapack Ltda.....82

LISTA DE ANEXOS

Pág.

ANEXO A. Método de inventario cero con reducción de tiempo.	140
ANEXO B. Método de fuerza de trabajo nivelada con reducción de tiempo.	141
ANEXO C. Método de Producción constante sin faltantes con reducción de tiempo.....	142
ANEXO D. Método de plan mixto con reducción de tiempo.	143
ANEXO E. Hoja de vida de los indicadores.....	144
ANEXO F. Reporte general platones de carretilla	146
ANEXO G. Reporte general de vasos desechables	149

INTRODUCCIÓN

La producción de bienes y servicios ha sido una necesidad de la sociedad a través de los años, por ello las acciones que mejoren y generen un valor agregado a cada producto son indispensables en la actuación de las empresas actuales con el fin de satisfacer esa necesidad de su cliente, por tanto estas mejoras deben nacer en su estrategia manufacturera identificando variables como procesos críticos, falencias y debilidades.

El presente trabajo busca identificar, investigar, analizar y plantear estrategias que den como resultado el mejoramiento de la planeación de la producción de las empresas a mediano plazo, solucionando problemáticas como reducción de tiempo en los procesos de manufactura nivel de fuerza laboral, contrataciones, despidos, cumplimiento de la demanda, niveles de stock, entre otros. Tomando de referencia a la empresa Creapack Ltda en la cual se presentan estas problemáticas y por ende es el objeto de estudio.

Para el cumplimiento de este propósito, la planeación de la producción a mediano plazo de la empresa, se determinó por medio de la estrategia de planeación agregada desarrollando metodologías distintas y así escoger la opción más apta, siendo esta la que más se acopla a las características propias de la empresa teniendo como prioridad la viabilidad financiera.

Las mejoras propuestas son también un punto de partida para soluciones factibles que se podrían generar en las demás líneas productivas de la empresa, continuando con estudios similares que a su vez pueden utilizarse como marco de referencia para otras empresas.

JUSTIFICACIÓN

El proyecto “Estrategias de mejoramiento del proceso productivo de la línea de termoformado en la empresa CREAPACK LTDA”, es un proyecto que tiene como fin principal el progreso de una empresa colombiana, detectando sus principales problemáticas y posteriores soluciones.

La empresa fundamenta su base económica en las utilidades que genera la línea productiva de termoformado, la cual lleva operando de la misma manera 15 años con diferentes problemáticas que no permiten obtener la productividad óptima que podría llegar a generar. Con el mejoramiento de la línea, la empresa generaría una mayor utilidad que le permitiría identificar las demás problemáticas que tienen las diferentes líneas productivas disponibles en la empresa que en este momento se encuentran detenidas y así tener la opción de generar soluciones para utilizarlas de una mejor manera, cumpliendo con la demanda de su variedad de productos, obteniendo así un crecimiento que los haría más competentes, aumentando su economía y su productividad, aprovechando el crecimiento que el sector de plásticos está adquiriendo.

La continuidad del proyecto es muy importante no solo para el desarrollo económico de la empresa CREAPACK LTDA, sino también para la generación de una fuente de ingreso al país, no solo con la producción nacional, sino también con producción internacional; haciendo de la industria de plásticos un sector más productivo. En la parte personal el desarrollo del proyecto genera un crecimiento

profesional puesto que se ponen en práctica los conocimientos adquiridos en el proceso de estudio de la carrera de ingeniería industrial y además se obtiene otros conocimientos que solo se pueden desarrollar en la práctica de soluciones de problemáticas existentes en un contexto real.

Con todos los factores anteriores es importante lograr un buen desarrollo del proyecto porque se generarían resultados positivos y beneficios a la empresa en su crecimiento y desarrollo, a más colombianos ya que en el crecimiento de la empresa esta podrá generar empleo y bienestar para más personas y por ultimo genera un desarrollo profesional para la autora.

2. GENERALIDADES

2.1. PROBLEMA

2.1.1 Descripción del problema. El proyecto se realizó en la empresa CREAPACK LTDA, la cual tiene una experiencia de más de 15 años en la elaboración de líneas de productos agrícolas, escolares, de publicidad, de construcción, termoformados y laminación en base a la lámina plástica elaborada mediante proceso de extrusión y transformada según el producto en específico.

La industria de plásticos hoy por hoy es uno de los sectores representativos a nivel económico en el país y en todo el mundo, por esta razón las industrias de plásticos se encuentran en un punto de auge y avance debido también a lo necesarios e indispensables que se han convertido estos productos en la sociedad. Las siguientes estadísticas muestran el estado actual de las industrias de plásticos.

Cuadro 1. Consumo mundial de plástico (en millones de toneladas)

TIPO	2003	2010
PET	9,1	17,5
HDPE	25,7	37,5
PVC	28,6	38
LDPE	31,7	43,5
PP	35,4	53,4
PS	14,6	19,8

Fuente: VKE, BASF/Basell/Bayer Material Scienc

Cuadro 2. Unión europea (ue-25): principales productos de exportación del sector de plásticos en formas primarias, 2003-2005.

Descripción	Valor en millones de euros			Volumen en (TM)			País de destino
	2003	2004	2005	2003	2004	2005	
Polietileno de densidad inferior a 0.94	3.301	4.629	6.085	4.546.843	5.333.194	6.120.521	-UE (81%) -Alemania (18%) -Italia (12%) -Francia (10%) -EEUU (8%) -Turquía (2,1%) -China (2,1%)
Polipropileno	3.611	3.919	5.108	4.825.581	4.759.898	5.168.017	-UE (78%) -Alemania (16%) -Italia (14,6%) -Bélgica (9,8%) -Turquía (9,4%) -Israel (2%) -China (1,7%)
Polietileno de densidad superior o igual a 0.94	2.998	3.570	4.573	4.293.611	4.463.590	4.980.789	-UE (78%) -Alemania (15%) -Francia (11%) -Italia (10%) -Turquía (3,2%) -Suiza (1,9%) -China (1,8%)
Los demás polímeros acrílicos en	3.252	3.601	3.941	2.215.439	2.453.367	2.462.722	-UE (72%) -Alemania (15%) -Francia (9%)

forma primaria							-Italia (8%) -EEUU (4%) -Turquía (2,4%) -Suiza (2,1%)
Copolímeros de propileno	2.386	3.073	3.585	2.882.907	3.568.726	3.581.188	-UE (83%) -Alemania (18%) -Italia (12,7%) -Francia (9,8%) -Turquía (4,6%) -Suiza (1,7%) -EEUU (1,1%)
Subtotal	15.547	18.792	23.292	18.764.380	20.578.773	22.313.237	
Total	46.208	53.825	62.574	43.142.235	46.628.741	49.553.725	

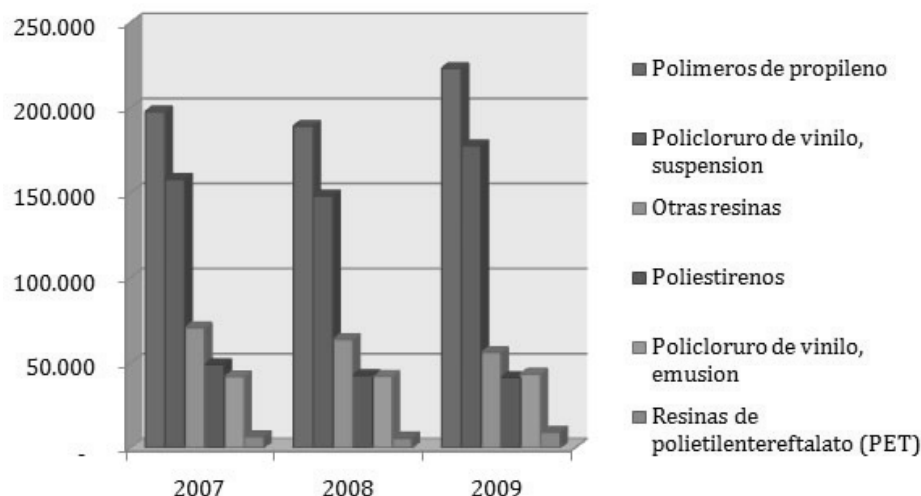
Fuente: Eurostat, Ministerio de Comercio Exterior Actualizado al 31/10/2007

Cuadro 3. Principales empresas de plástico colombianas 2010

Empresa	Ventas en Pesos	Ventas en Dólares	Crecimiento 2009 a 2010
Multidimensionales	\$238.148 millones	US\$125 millones	20,8%
Carvajal Empaques	\$205.803 millones	US\$108 millones	12,2%
Flexo Spring	\$198.388 millones	US\$105 millones	3%
Cartones América	\$193.970 millones	US\$102 millones	5%
Plastilene	\$146.897 millones	US\$77 millones	9,3%
Empacor	\$143.904 millones	US\$76 millones	7,3%
Tetrapak	\$133.707 millones	US\$70 millones	-6%.
Compañía De Empaques	\$98.794 millones	US\$52 millones	15,8%
Alico	\$96.629 millones	US\$51 millones	10,8%
Crown Colombiana	\$95.578 millones	US\$50 millones	2,1%

Fuente: La nota.com

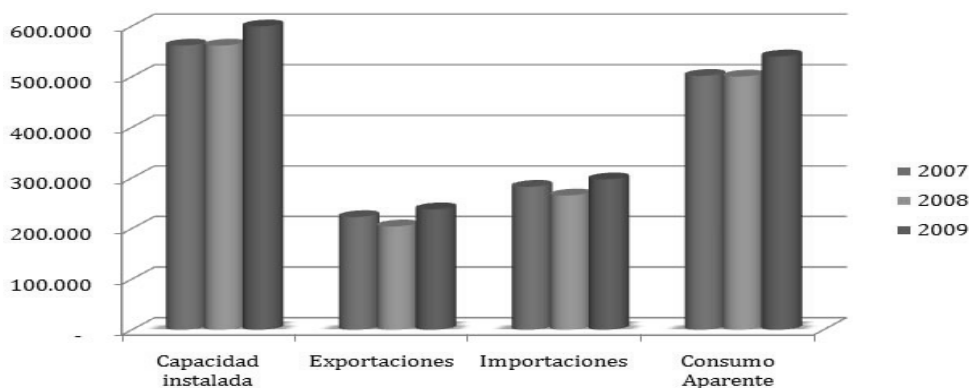
Figura 1. Exportaciones de las principales resinas plásticas 2007-2009 (toneladas) en Colombia



Fuente: Acoplásticos

Como se muestra en la gráfica anterior, las exportaciones de resinas plásticas en Colombia han tenido un aumento en los periodos de 2007 a 2009, representativo para la industria de plásticos, resaltando el crecimiento de las exportaciones de resinas de polímeros de Propileno las cuales son la materia prima de los productos elaborados por la empresa Creapack Ltda.

Figura 2. Información en toneladas



Fuente: Acoplásticos.

En la gráfica anterior, se detalla el crecimiento de la industria de plásticos en Colombia en aspectos relevantes para la empresa como lo son la capacidad instalada, las exportaciones, las importaciones y el consumo, generando todos ellos un crecimiento importante en los periodos de 2007 a 2009.

Cuadro 4. Producción de empresas plásticas en Bogotá por localidad

Localidad	Producción. Bruta	Personal ocupado
Usaquén	37.654.880	561
Chapinero	17.515.799	203
San Cristóbal	8.053.375	123
Bosa	130.787.536	904
Kennedy	85.217.634	1.221
Fontibón	487.295.075	3.937
Engativá	93.736.614	1.135
Suba	15.977.299	219
Barrios Unidos	8.781.438	215
Los Mártires	28.234.005	365
Antonio Nariño	8.765.509	91
Puente Aranda	661.198.566	5.689
Ciudad Bolívar	336.885.764	1.322

Fuente: DANE, Actividad anual manufacturera (2004).

A pesar que las estadísticas anteriores demuestran el crecimiento del (7%) en 2010 y la importancia y el valor económico que genera la industria de plástico mundialmente, la empresa CREAPACK LTDA por algunas falencias no ha podido aprovechar este desarrollo, falencias sobre las cuales se trabajara para obtener mejoras en la empresa, presentes a continuación:

- Fallas en la calidad de productos de termoformado por errores en procesos de producción, el 25% de los productos terminado son defectuosos.
- La empresa genera su propio mantenimiento de máquinas y equipos, evitando

tercerizar esta actividad, pero las utilidades que se generan solo permiten costear el pago de salarios para 6 operarios y 3 directivos, y no son suficientes para realizar otro tipo de inversiones. La limitación en recursos humanos no permite satisfacer de manera adecuada la demanda y por esta razón se deja de atender otros clientes.

- Otra falencia encontrada es referente al área operativa de las maquinas encargadas de la producción ya que por el déficit de recurso humano el número de personas destinadas para realizar esta actividad es menor a la requerida y la capacidad de rendimiento de la maquinaria está siendo subutilizada.
- La empresa actualmente cuenta con 6 líneas de producción que son las siguientes: laminación, termoformado, construcción, agrícola, escolar y publicidad. De las cuales solo 2 que son las de termoformado y laminación son las generadoras de la mayor utilidad económica, las otras 4 para ser usadas es necesario sustraer recursos de las 2 principales llevando a una producción general baja, además que no permite mejoras ni desarrollo en la línea de termoformado.
- La capacidad de producción no es utilizada de manera eficiente ya que está estimada en 170 toneladas de lámina y 2.500.000¹ unidades mensuales en producto terminado. La producción actual es del 50%² y esta varía en menores porcentajes de acuerdo a la demanda de pedidos.
- Por todo lo descrito anteriormente, la empresa no tiene una planeación en su producción y sus ventas dependen de la demanda diaria de los clientes.

¹y 2. CREAPACK LTDA. Información propia

2.1.2 Formulación del problema

¿Qué estrategias se deben desarrollar con el fin de mejorar el proceso productivo de la línea de termoformado en CREAPACK LTDA aumentando la utilidad y mejorando la competitividad de la empresa?

2.2. OBJETIVOS

2.2.1 General: Desarrollar las estrategias de mejoramiento en el proceso productivo de la línea de termoformado en Creapack Ltda con el fin de aumentar la productividad y competitividad contribuyendo en el aumento de la utilidad de la empresa.

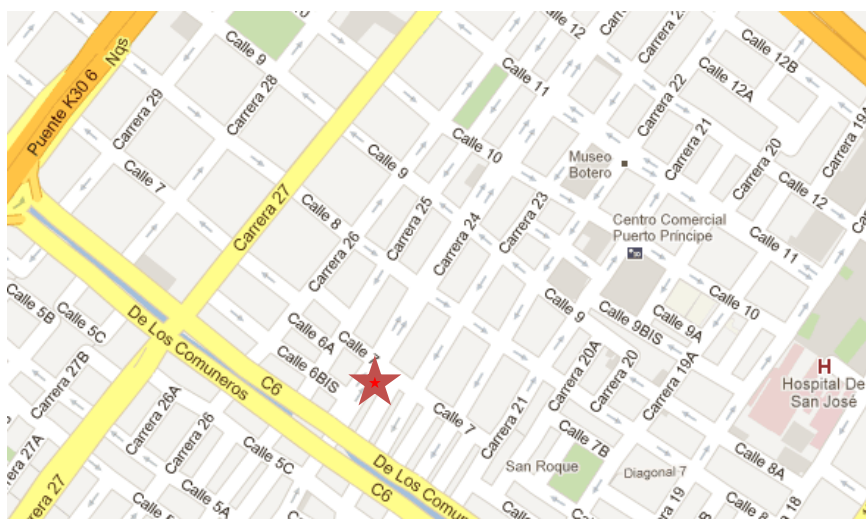
2.2.2 Específicos:

- Caracterizar el proceso productivo de la línea de termoformado de la empresa Creapack Ltda identificando variables, actores, medios tecnológicos y restricciones de manufactura.
- Realizar un diagnóstico en el área productiva de la empresa identificando los procesos críticos, debilidades y falencias de manufactura.
- Realizar un estudio de tiempos y movimientos en los procesos críticos identificando las oportunidades de mejora de las líneas.
- Determinar las estrategias y técnicas de ingeniería que contribuyan al desarrollo y solución de los problemas identificados.
- Diseñar el portafolio de indicadores de gestión de las estrategias propuestas midiendo los estados A y B del escenario.
- Validar por medio de una simulación los escenarios virtuosos propuestos en las estrategias de mejora.

2.3. DELIMITACIÓN DEL PROYECTO

- **Temática:**el proyecto tiene como tema general producción, específicamente desarrollara la planeación agregada, ingeniería de métodos, requerimientos de capacidad y talento humano, conceptos de manufactura esbelta (lean manufacturing) y simulación que se puedan aplicar a la empresa dando solución a los problemas diagnosticados.
- **Cronológica:** El proyecto está planteado para llevarse a cabo máximo en 6 meses en la empresa CREAPACK LTDA enfocándose en el proceso productivo de esta. El proyecto iniciara el 6 de junio de 2012 y terminara el 8 de noviembre de 2012 desarrollando cada objetivo específico planteado en el proyecto. Este desarrollo de cada objetivo será descrito y consignado en el proyecto teniendo en cuenta que para la empresa será una propuesta y la implementación y ejecución de dicha propuesta es decisión del gerente teniendo en cuenta su criterio y la relación beneficio-costos.
- **Espacial:** Ubicación de CREAPACK LTDA. Carrera 27 No. 7-47/49 Barrio Ricaurte.

Figura 3. Ubicación geográfica de CREAPACK LTDA.



Fuente: <http://maps.google.es/>

2.4. METODOLOGÍA

2.4.1 Tipo de investigación. La investigación que se está realizando en la realización del proyecto es una investigación mixta puesto que combina conceptos cualitativos y cuantitativos.

2.4.2 Cuadro metodológico

Objetivos Específicos	Actividades	Metodología	Técnicas De Recolección De Datos
Caracterizar el proceso productivo de la línea de termoformado de la empresa Creapack Ltda identificando variables, actores,	Identificación del proceso productivo de la línea de termoformado de la empresa.	Programación de vistas a la empresa y descripción de procesos.	Documentación propia de la empresa sobre el proceso.
	Delimitación del proceso productivo de la línea de termoformado de la empresa.	Estudio de tiempos y movimientos.	Observaciones del proceso, cronometro, fichas técnicas.

medios tecnológicos y restricciones de manufactura.	Caracterización del proceso productivo del de la línea de termoformado.	Especificación de los procesos y operaciones de la línea de termoformado a través de diagramas de flujo, diagramas de operaciones y procesos.	Documentación de la empresa y los datos recolectados, herramientas para realización de los diagramas (Microsoft Word, Excel)
Realizar un diagnóstico en el área productiva de la empresa identificando los procesos críticos, debilidades y falencias de manufactura.	Realización de observaciones programadas al área de producción.	Especificación de cada línea productiva determinando cada debilidad o falencia.	Formularios prediseñados, cámara fotográfica y documentación de la empresa
	Obtención de un diagnóstico integral del área productiva de la empresa.	Elaboración un diagnostico DOFA del área productiva de la empresa	Entrevistas y datos recolectados por las observaciones realizadas
	Obtención de diagnóstico específico del área productiva de la empresa.	Elaboración un diagnostico dinámico del área productiva de la empresa especificando cada línea de manufactura.	Entrevistas y datos recolectados por las observaciones realizadas y conclusiones del diagnósticoDOFA.
Realizar un estudio de tiempos y movimientos en los procesos críticos identificando las oportunidades de mejora de las líneas.	Programación de vistas a la empresa, en horarios preestablecidos para la toma de tiempos.	Determinación y establecimiento de horarios para realización de estudio de tiempos y movimientos para estandarización de las variables de estudio.	Observaciones de los procesos e información propia de la empresa.
	Creación de formatos para la realización del estudio de tiempos y movimientos	Definir planillas para la realización del estudio de tiempos y movimientos consistentes a los procesos productivos de la empresa y variables a estudiar.	Herramientas para la realización de las planillas (Microsoft Word, Excel), datos recolectados e información propia de la empresa.
	Realización del estudio de tiempos y movimientos.	Ejecución del estudio a partir de observaciones de los procesos productivos de la empresa	Elementos para la toma de tiempos y movimientos(cronometro, planillas, videos, flexómetro, observaciones),
Determinar las estrategias y técnicas de ingeniería que contribuyan al desarrollo y solución de los problemas identificados.	Investigación de estrategias y técnicas de producción.	Determinación de estrategias y técnicas que solucionen los problemas diagnosticados.	Libros, revistas científicas, Bases de datos e información propia de la empresa

Diseñar el portafolio de indicadores de gestión de las estrategias propuestas midiendo los estados A y B del escenario.	Investigación de los indicadores de gestión de producción.	Determinación de los indicadores de gestión a evaluar en los estados A y B del escenario.	Consultas en bases de datos, libros e información de la empresa.
	Comparación de los resultados de los estados A y B a través de los indicadores de gestión la producción.	Revisión y análisis de los indicadores de gestión de la producción, de los estados A y B.	Resultados de los estados A y B, Microsoft Excel e información propia de la empresa.
Validar por medio de una simulación los escenarios virtuosos propuestos en las estrategias de mejora.	Ratificar los escenarios virtuosos propuestos sistemáticamente.	Efectuar una simulación de los escenarios virtuosos propuestos y analizar los resultados.	Datos recolectados, programa de simulación Promodel.

Fuente. La autora, 2012.

El sector industrial de Plásticos en Colombia está sujeto a una serie de normatividad para la satisfacción de diferentes intereses comunes como lo es el interés ambiental, calidad, salud, social, entre otros; las normas son las siguientes:

2.4.3. Marco Legal

- Constitución política de Colombia, 1991; art 79; Derecho a un ambiente sano. En mencionado artículo la constitución hace énfasis en la protección y conservación del medio ambiente y el fomento de la educación para conseguir estos fines. En cuanto a la industria de plásticos, el tema del manejo de los desperdicios y desechos ha venido generando impactos y por ello atención, lo que ha hecho que instituciones como Acoplásticos y el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial desarrollen proyectos, planes, manuales, etc. de formación para la protección y conservación del medio ambiente.
- Constitución Política de Colombia, 1991; art 80; Desarrollo Sostenible Esta norma hace referencia en la planificación que debe hacer el estado de los recursos naturales y la prevención y control sobre los factores que pueden generar

deterioro del medio ambiente imponiendo sanciones legales y reparación de los daños garantizando el desarrollo sostenible. Esta norma incide en el proyecto ya que en la actualidad las industrias de plásticos deben buscar una forma apropiada al buen manejo de sus productos post-consumo.

- Código Sanitario Nacional: Ley 09 de 1979, art 1 No b; Para la protección del medio ambiente. Es una norma de control y regulación de residuos sólidos que puedan afectar el medio ambiente. Con respecto a la aplicación del proyecto, el proceso de la fabricación de productos de plásticos como tal tiene un impacto mediano en el ambiente, su mayor impacto se da en el post-consumo del producto y por tanto se debe manejar un control de las industrias plásticas y los residuos sólidos.
- Decreto 1713 de 2002: Gestión integral de residuos sólidos. Este decreto hace referencia a la buena gestión de los residuos sólidos para favorecer al reciclaje. En relación con el proyecto es importante ya que entre los plásticos que se reciclan se encuentran los utilizados por la empresa.
- Resolución 243710 de 1999, 05 de octubre de 1999. INVIMA – ETIQUETAS, Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos. La resolución establece pautas sobre etiquetas, rótulos y empaques de medicamentos y alimentos. La relación de la empresa con la resolución es el uso de algunos productos que generan contacto con alimentos o fármacos.
- Ley 9, título III de 1979, Congreso de la Republica. Esta ley instituye las normas para preservar, conservar y mejorar la salud de los individuos en sus ocupaciones y/o labores. Es deber de la empresa garantizar la salud de sus empleados.
- Resolución 2400 de 1979, Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. Vivienda, higiene y seguridad en establecimientos de trabajo. Es deber de la empresa preservar, mantener la salud física y mental del trabajador, prevenir accidentes y enfermedades profesionales, generar condiciones de higiene y bienestar para los trabajadores.

- Decreto 614 de 1984, Ministerio de Trabajo y Seguridad Social; art 24. Responsabilidades de los patronos. El decreto menciona el plan de salud ocupacional específicamente en el artículo 24 donde define las responsabilidades del patrono con respecto al plan de salud ocupacional que debe funcionar en su empresa.
- Resolución 2013 de 1986, Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. La resolución reglamenta el funcionamiento de comités de medicina, higiene y seguridad industrial en los lugares de trabajo. En relación con la empresa en la que se realiza el proyecto, se debe tener claridad sobre la implementación de la resolución en concordancia a las dimensiones de la empresa.
- Resolución 1016 de 1989, Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. La resolución establece la obligatoriedad de la organización de programas de salud ocupacional. La empresa siguiendo la resolución debe asegurar la salud colectiva e individual de los trabajadores por medio de los programas y subprogramas del plan de salud ocupacional.
- Ley 100 de 1993, Congreso de la Republica. La ley crea y reglamenta el sistema de seguridad social. Es responsabilidad del empleador de la empresa la prestación de los servicios de seguridad social con especificaciones según contrato.

2.4.4. Marco Normativo:

- NTC 5077 Plásticos. Vocabulario. Norma que define los términos empleados en la industria de los plásticos. Su relación con la empresa es básica ya que el vocabulario es una cualidad relevante para el progreso de la empresa y su interacción con el medio.
- NTC 3205 Guía para plásticos sistema de codificación. ICONTEC en esta norma establece el sistema de codificación para los artículos de plásticos, estandarizando símbolos para cada artículo. La empresa se rige bajo esta norma para la codificación de cada uno de sus artículos.

- NTC 5023 Materiales, compuestos y artículos plásticos para uso en contacto con alimentos y bebidas.“Esta norma especifica los materiales y las buenas prácticas de manufactura de compuestos y artículos plásticos para contacto con alimentos y bebidas”³.su relación en la empresa es dirigida hacia los productos terminados que en su uso directo tiene contacto con alimentos y bebidas.
- NTC 5422, 4.1.3 Requisitos generales de los empaques plásticos.En este numeral de la norma especifican algunos requisitos para los empaques plásticos. Este numeral tiene su aplicación en la empresa ya que algunos de sus productos finales son empaques plásticos con diferentes utilidades.
- NTC 3859 Vasos plásticos desechables para uso comercial y doméstico.“Esta norma establece los requisitos y ensayos que deben cumplir los vasos plásticos desechables para uso comercial y doméstico, fabricados con poliestireno, poliestireno expandible, poliestireno espumado, polipropilenos o cualquier otra resina apta para producir artículos que estén en contacto con alimentos para consumo humano”. ⁴, su relación con la empresa es directa puesto que uno de los productos elaborados por la empresa son vasos desechables.
- Normas Técnicas Medio Ambiente – GTC 53-2 Gestión Ambiental. Residuos Sólidos. Guía para el aprovechamiento de los residuos plásticos.Es una de guía de información del manejo de los residuos plásticos post-consumo. En relación con el proyecto es importante tener en cuenta esta guía a causa de la importancia que está generando la protección del ambiente.
- ISO 15270:2008 sobre Plásticos - Directrices para la recuperación y reciclado de residuos plásticos.La norma plantea metodologías para el manejo de plásticos post-consumo y recomendaciones en cuanto a estándares de materiales, ensayos y producto, se relaciona con la empresa en la medida en que esta quiera promover un mejor manejo de los residuos del plástico.

³NTC. 5023 Materiales, compuestos y artículos plásticos para uso en contacto con alimentos y bebidas.

⁴NTC. 3849 Vasos plásticos desechables para uso comercial y doméstico.

2.5. MARCO REFERENCIAL

2.5.1. Antecedentes. La industria de plásticos es un sector económico relativamente nuevo, ya que sus inicios de producción datan del año 1869. Aunque el desarrollo mundial del plásticos se dio en el siglo XX, en Colombia dicha producción se dio un poco más tarde y su comienzo y aceptación en la sociedad ha tenido lugar en los últimos 100 años.

a. Asociación acoplásticos: Dentro del desarrollo y los avances que tiene la industria de plásticos en Colombia se destacan asociaciones como Acoplásticos, entidad que representa a empresas productoras de plásticos entre otras, y la evolución de la industria como tal. Dicha asociación lleva a cabo publicaciones anuales de los avances, innovaciones, estadísticas, y todo lo relacionado con la industria de plásticos. Entre ellas están:

- Plásticos En Colombia 2011 – 2012: plásticos, química, petroquímica, cauchos, pinturas, tintas y fibras XLI edición.
- Plásticos En Colombia Edición 2010-2011: plásticos, cauchos, petroquímica, pinturas, tintas, Fibras XL Edición.
- Plásticos En Colombia Edición 2009-2010: plásticos, cauchos, petroquímica, pinturas, tintas, fibras XXXIX Edición.
- Plásticos En Colombia Edición 2008-2009: plásticos, cauchos, petroquímica, pinturas, tintas, fibras XXXVIII Edición.
- Plásticos En Colombia Edición 2007-2008: plásticos, cauchos, petroquímica, pinturas, tintas, fibras XXXVII Edición.⁵

⁵ www.acoplasticos.org/

Figura 4. Publicaciones Acoplásticos.



Fuente: ACOPLÁSTICOS. Publicaciones institucionales.

- Tecnología del plástico: Diciembre, 2011 – Enero, 2012 Edición 6 Vol. 26.
- Tecnología del plástico: Octubre – Noviembre, 2011 Edición 5 Vol. 26.
- Tecnología del plástico: Agosto – Septiembre, 2011 Edición 4 Vol. 26.
- Revista de plásticos modernos: Diciembre, 2011.Volumen 92 Número 663.
- Revista de plásticos modernos: Noviembre, 2011.Volumen 92 Número 662.

b. Manuales:

- Manual del reciclado de residuos plásticos. (1999).
- Sistema de codificación para envases plásticos.
- Sistema de codificación para envases plásticos flexibles.⁶

c. Conferencias y seminarios:

Realizados en Colombia:

- Seminario internacional de envase sostenible:1 y 2 de Junio de 2011. Bogotá, Colombia.
- Andina-pack 2011: Del 8 al 11 de Noviembre. Bogotá, Colombia.

Realizados en otros países:

- Plastec West 2011: Del 8 al 10 de Febrero de 2011. Anaheim, Estados Unidos.

⁶ www.acoplasticos.org/

- Expo plásticos monterrey: Del 22 al 24 de Febrero de 2011. Monterrey, México.
- Expo manufactura: Del 1 al 3 de marzo de 2011. Monterrey, México.
- Plastech: Del 16 al 19 de Agosto de 2011. Caxias do Sul, Brasil.
- Apla 2011, 31. Reunión anual latinoamericana de petroquímica: Del 5 al 8 de Noviembre de 2011. Buenos Aires, Argentina.
- Congreso Suramericano de Composites, Poliuretanos y Plásticos de ingeniería: Del 8 al 9 de Noviembre. Buenos Aires, Argentina.⁷

d. ICIPC:

Instituto de Capacitación e Investigación del Plástico y del Caucho.

Este instituto fue creado por la asociación Acoplásticos, la empresa FORMACOL y la universidad EAFIT de Medellín. El instituto ICIPC tiene con fin principal la constante investigación y desarrollo del plástico dando asesorías a los empresarios colombianos y generando nuevas e innovadoras ideas para este sector económico⁸, dentro de los proyectos destacados del instituto están las siguientes patentes:

e. Patentes:

- Patenteotorgada US 7314363 en los Estados Unidos, 12/09/2006: Device to visualize in-line and quantify the polymer melting in plasticating screw machines without significantly affecting its thermal regime. Inventores: María del Pilar Noriega Escobar, Alberto Naranjo Carvajal, Tim Andreas Osswald y Nicola Ferrier.
- Patenteotorgada, expediente No. 10/775,822 Estados Unidos, 10/02/2004: Method and device to determine the thermal diffusivity of materials, such as thermoplastic polymers, during non-stationary heat transfer processes. 2004. Inventor: Alberto NaranjoCarvajal.

⁷Ibid.

⁸ www.acoplásticos.org/

- Patente otorgada, expediente No. 030 12620 SIC, 31/03/2009: Método y dispositivo para visualizar en línea y cuantificar la fusión de polímeros en máquinas de plastificación con tornillo sin afectar significativamente su régimen térmico. . Inventores: María del Pilar Noriega Escobar, Alberto Naranjo Carvajal, Tim Andreas Osswald y Nicola Ferrier.
- Patente otorgada, expediente No. 030 10433 SIC, 31/07/2009: Método y celda de medición para la determinación de la difusividad térmica de materiales durante los procesos de transferencia de calor por conducción con rápidos cambios de temperatura que pueden incluir cambio de fase., 2003. Inventor: Alberto Naranjo C.⁹

f. Publicaciones varias:

- ALVIRAMANIOS. Leidy Fernanda, Trabajos en eventos "Universidad de Nariño, Colombia" En: Colombia. 2011. *Evento: XIII Encuentro Nacional de Estudiantes de Química Ponencia: Determinación de arsénico en termoformados y películas flexibles biodegradables por EAA libro:XII Encuentro Nacional de estudiantes de química 2011.*
- El Centro Regional de Productividad e Innovación del Cauca –CREPIC-, la Asociación Hortifrutícola de Colombia –Asohofrucol-, Almacenes la 14: “Producción y caracterización de empaques termoformados biodegradables a partir de harina de yuca, fibra de fique y plastificante”.
- LOPÉZ ZAPATA. Carlos Eduardo, Informe técnico “Modelamiento geométrico de moldes de termoformado para textiles”, en Colombia, 2003.
- SUAREZ TRUJILLO, Carlos Andrés, "Procesabilidad por Termoformado del Poliestireno Post-consumo" En: Colombia. 2001. Revista del Magister en Ingeniería Mecánica, Universidad de los Andes.¹⁰

⁹ www.acoplasticos.org/

¹⁰ Ibid.

g. Antecedentes de la empresa:

La empresa CREAPACK LTDA, tiene 15 años en el mercado del plástico y con la misma dinámica en el proceso productivo de la línea de termoformado. El proceso productivo de la línea de termoformado maneja costos de utilización bajos por la sencillez del mismo, por las bajas presiones de trabajos y la flexibilidad del proceso, por ello como resultado se obtiene economía siempre y cuando se manejen series pequeñas. Debido a esta situación la línea productiva de termoformado no ha tenido modificación alguna.

La empresa, a pesar de las posibilidades de generar mayores beneficios con la línea productiva de termoformado no ha realizado cambios porque cree no necesitarlos al conformarse con los bajos costos de esta y la utilidad que genera y no tomar riesgos hasta el momento.

2.5.2. Marco teórico. El mejoramiento de la línea productiva de termoformado de la empresa CREAPACK LTDA se llevara a cabo con herramientas propias de la ingeniería industrial. Para el planteamiento de las estrategias de mejoramiento, se tomara como principal herramienta la planeación agregada, apoyada de otras herramientas que son fundamentales para el correcto desarrollo de la temática y por ende de la solución propuesta. Dichas herramientas son:

- Ingeniería de métodos, (estudio de tiempos y movimientos).
- Sistemas de producción.
- Requerimiento de la capacidad.
- Requerimiento del talento humano.
- Teoría de las restricciones
- manufactura esbelta (lean manufacturing)
- Simulación.

a. Producción*

La producción ha estado presente en la historia desde que el hombre se vuelve sedentario en la medida en que obtiene de sus esfuerzos recompensas, aunque se reconocen los primeros estudios sobre el tema a finales del XIX y en el siglo XX, los principales exponentes fueron Frederick Taylor y la administración científica, Henry Gantt y el desarrollo de métodos, los esposos Frank y Lillian Gilbreth y el estudio de tiempos y movimientos, Walter Shewhart y medidas de control de estadístico de la calidad.

Gracias al legado que han dejado los estudiosos de las temáticas que inciden en la producción, hoy por hoy logramos grandes avances que nos permiten cubrir nuestras necesidades satisfactoriamente y siempre se busca la manera de satisfacerlas de una mejor manera.¹¹

b. Ingeniería de métodos, estudio de tiempos y movimientos

Los métodos y mediciones de trabajo nacen en el siglo XIX en un comienzo con los estudios de Frederick Taylor y posteriormente con las investigaciones de los esposos Gilbreth, se despliega el estudio de la ingeniería de métodos.

La ingeniería de métodos tiene como principal objetivo encontrar la forma más eficiente de realizar las operaciones y funciones, estandarizado los resultados óptimos generando mejoras. Para lograr estas mejoras se debe realizar un estudio minucioso (en unos casos más que en otros), de las tareas a desempeñar, que se llega a analizar cada movimiento realizado. Este microanálisis se denomina *estudio de movimientos*. Dependiendo del análisis que se requiera también existe el estudio de las operaciones con menos detalle con macro-evaluaciones

* Información obtenida en, RIGGS, James. Sistemas de producción planeación, análisis y control

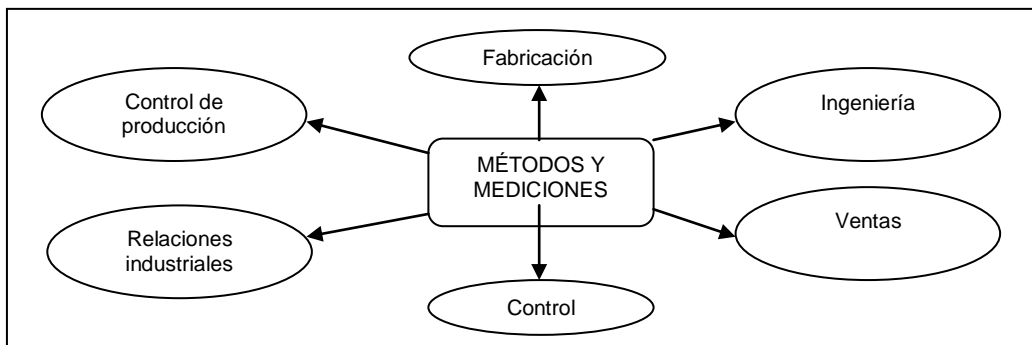
¹¹RIGGS, James. Sistemas de producción planeación, análisis y control.

denominado *análisis de proceso* que se realiza con la ayuda de herramientas como gráficas.¹²

Las mediciones tienen como objetivo principal la determinación de tiempos estándar para el trabajo que den resultados óptimos a las empresas, para ello existen técnicas como el *estudio de tiempos* que trata de la asignación de tiempos en el desempeño de tareas específicas, basándose en los descansos que se conceden por demoras, fatigas, etc. y el contenido del trabajo como tal. Otra técnica de medición es el *muestreo de trabajo*, se realizan observaciones de un proceso y se evalúan estadísticamente para obtener el porcentaje de tiempo en el que el proceso se encuentra en un estado determinado, con estos resultados se establecen salarios equitativos según el trabajo desempeñado.

Todas las técnicas de métodos y mediciones repercuten directamente en el sistema de producción como se ilustra en la siguiente.

Figura 5. Métodos y mediciones



Fuente: RIGGS, James. Sistemas de producción planeación, análisis y control.

- **Análisis de proceso:** "el objetivo del análisis de proceso es mejorar el orden sucesivo o el contenido de las operaciones necesarias para realizar una tarea"¹³. para ello se recurre a elementos como representaciones gráficas, dichas

¹² Ibid.

¹³ RIGGS, James. Sistemas de producción planeación, análisis y control.

graficas tienen tres áreas de aplicación en los sistemas de producción que son: estudio, diseño y presentación.

Los cuadros de estudio se usan para la clasificación de procedimientos en la fase inicial de la investigación, los cuadros de diseño describen las innovaciones planeadas de los procedimientos de los cuadros de estudio para críticas que lleven a mejores innovaciones, y los cuadros de presentación son la explicación final de la manera de hacer las cosas¹⁴

Pasos de la investigación de un análisis de proceso.

- Decidir cuál va a ser el proceso a investigar.
- Obtención de los datos.
- Sintetizar una mejor manera de hacer el trabajo.
- Plasmar el método nuevo en un diagrama.
- Ensayar el método nuevo con la supervisión del analista.
- Establecer un programa de revisión.
- Establecer formalmente el proceso comprobado y revisado a los procedimientos estándar de la operación.

Figura 6. Graficas del proceso de operación o símbolos ASME

- | | |
|---|---|
| ○ | Operación: cambios intencionales de características. |
| ⇒ | Transportación: movimiento de un operario o un objeto que no sea parte del proceso. |
| □ | Inspección: análisis para determinar la calidad. |
| ⊖ | Demora: interrupción entre la acción actual y la siguiente. |
| ▽ | Almacenamiento: almacenar un objeto en un ambiente controlado. |
| ⊗ | “Combinado”: actividades simultaneas pueden darse con diferentes símbolos. |

Fuente. RIGGS, James. Sistemas de producción planeación, análisis y control.

¹⁴Ibid.

Existen diferentes graficas según el estudio específico que se desee realizar por ejemplo: graficas de proceso de operación, grafica de proceso del operador, gráfica del proceso operario-maquina, diagramas de flujo de un proceso, entre otros.

- Estudio de movimientos: el objetivo principal del estudio de movimientos es hacer el trabajo más productivo y fácil, eliminando movimientos inútiles haciendo de los movimientos corporales de una persona los más óptimos posible.

Pasos de un estudio de movimientos:

- Decidir cuál es el proceso a estudiar.
- Análisis de movimientos: se estudia de forma minuciosa una operación. Dependiendo del detalle de la operación se recurren a herramientas que ayuden a visualizar de manera más especificada el proceso. Como el estudio de los micromovimientos con cámaras de alta velocidad, el estudio de movimientos con cámaras de baja velocidad.
- Representación gráfica del movimiento: la operación observada se plasma gráficamente empleando símbolos con dos grados de complejidad, el primer grado denominado *tomar y colocar* son para los movimientos del brazo y la mano que implican ciclos largos y el segundo grado denominado *microscópicos* para movimientos de la mano y de los dedos que implican ciclos muy cortos. Están las representación de graficas mano izquierda, mano derecha y SIMO ambos son específicos en el movimiento de las manos con la diferencia de que la representación gráfica SIMO se utiliza para los movimientos más cortos en escala de tiempo
- Sintetizar una mejor manera de hacer el trabajo.
- Plasmar el método nuevo en un diagrama, eliminando movimientos inútiles
- Ensayar el método nuevo con la supervisión del analista.
- Establecer un programa de revisión.

- Establecer formalmente el proceso comprobado y revisado a los procedimientos estándar de la operación.¹⁵

- Estudio de tiempos: este estudio es una ayuda del estudio de movimientos puesto que la prueba de la mejora de un método o proceso está en la reducción de tiempos de estos.

El objetivo del estudio de tiempos es determinar el tiempo estándar en que un operario calificado realiza una operación con un método definido con un ritmo normal de trabajo.

Pasos de un estudio de tiempos.

- Preparación del estudio: es familiarizarse lo necesario con la operación, el equipo y las condiciones de trabajo objeto de estudio. Hacer una descripción total de la situación real de trabajo en el momento en que se realiza el estudio, de deben describir los elementos irregulares, los elementos constantes, los elementos gobernados por la máquina y los gobernados por el operador, los elementos extraños o accidentales, los puntos finales, y separar los movimientos innecesarios de los esenciales, toda esta información después de ser confirmada se plasma en la secuencia lógica en que debe ser ejecutada la operación.
- Obtención de datos: se toman los tiempos de cada elemento generalmente en el lugar de trabajo con un cronometro, en algunas ocasiones por la dificultad de la operación se hace con una cámara y se revisa fuera del lugar de trabajo.
- Tiempo seleccionado: después de tomar el compendio de los tiempos registrados de diversas observaciones tomando en cuenta las variaciones por errores o por la realización de la operación, se estandarizan el ciclo de actividades a las cuales se le está tomando el tiempo tomando en cuenta los errores que se pueden presentar y determinar cuántas veces se debe cronometrar el ciclo.

¹⁵MEYERS, Fred. Estudio de tiempos y movimientos, para la manufactura ágil.

- Estimación de tiempo normal, tiempo estándar, tiempos sintéticos, tiempos predeterminados. El analista debe tener en cuenta factores de fatiga, trabajador promedio, la jornada laboral etc, utilizando herramientas matemáticas ya estipuladas.¹⁶

- Muestreo del trabajo: es una técnica de observación directa de un proceso sin cronometro, las observaciones se clasifican en cuanto al estado del proceso en el momento de la observación, con estos datos recolectados se dan resultados con estadísticas y se analiza el rendimiento en el trabajo y la utilización de la maquinaria.

El muestreo del trabajo es una técnica en crecimiento puesto que logra estimar demoras inevitables, establecer tolerancias y distribuir el tiempo de los trabajadores.

c. Sistemas de producción

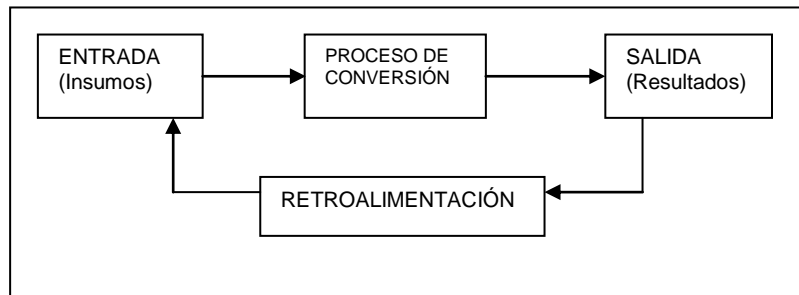
Los sistemas de producción, son procesos específicos de diseño por los cuales los elementos se transforman en productos útiles, estos requieren de varios tipos de insumos, de transformaciones, entre otras que interactúan entre sí para alcanzar un objetivo mayor.¹⁷

El proceso es organizado y tiene como objetivo la conversión de insumos en productos como se ilustra en la siguiente figura.

¹⁶MEYERS, Fred. Estudio de tiempos y movimientos, para la manufactura ágil

¹⁷CASTRO, Hernando. Planeación y programación de la producción.

Figura 7. Sistema de producción



Fuente. CASTRO, Hernando. Planeación y programación de la producción.

Los sistemas de producciones tienen una clasificación que se hace en base a la estrategia de posicionamiento del producto, del proceso o la integración de la producción.

Estrategia de posicionamiento del producto:

- Fabricación contra inventario
- Fabricación contra pedido
- Montaje contra pedido

Estrategia de posicionamiento de proceso:

- Producción continua
- Producción intermitente
- Producción en sitio fijo

Estrategia de integración de la producción:

- Sistemas de manufactura celular
- Sistemas de manufactura flexible
- Manufactura integrada por computador

d. Requerimiento de la capacidad, (maquinaria)

La maquinaria es una parte esencial en un proceso productivo, y por factores como manejo inadecuado, mal posicionamiento, deficientemente mantenimiento,

entre otros, la maquinaria se puede convertir en uno de los inconvenientes importantes de la empresa o el generador de problemáticas que de no ser detectadas y solucionadas a tiempo puede llevar a la quiebra de la empresa. Para estas situaciones existen herramientas que ayudan a la distribución óptima de la maquinaria.¹⁸

- Orden de sucesión: es el orden en que el producto en sus diferentes estados pasa por las máquinas. El ideal del orden de sucesión es que las máquinas estén distribuidas de manera lógica y estratégica haciendo que el producto en medio de su recorrido se demore el menor tiempo posible, no tenga largos desplazamientos, lleve un proceso continuo y sobre todo genere beneficios económicos a la empresa. Este orden de las máquinas se puede determinar con el problema de sucesión.
- Sucesión de n trabajos a través de dos máquinas: Aplicable a lotes de un solo tipo y no hay prioridades de terminación.
- Balanceo de línea: está asociado con la distribución del producto, la utilización de esta herramienta predomina en líneas de ensamble donde el periodo de tiempo permitido para terminar las operaciones en cada estación de trabajo se determina por la velocidad de la línea de ensamble. El objetivo del balanceo de línea es la correcta asignación de operaciones a las líneas de trabajo reduciendo al mínimo el tiempo ocioso.¹⁹

e. Requerimiento de talento humano

El talento humano es un recurso importante dentro de la empresa ya que su desempeño se ve reflejado en gran proporción en los resultados de la empresa por ello se debe tener en cuenta como aspecto relevante dentro de la producción teniendo en cuenta aspectos como: la cantidad de adecuada de operarios, la

¹⁸ CASTRO, Hernando. Planeación y programación de la producción.

¹⁹ RIGGS, James. Sistemas de producción planeación, análisis y control.

asignación de cada uno en su labor respectiva, las competencias necesarias, entre otros. Para la determinación adecuada de los factores anteriores se pueden aplicar herramientas matemáticas ya establecidas como asignación de mano obra, tiempos improductivos por (errores directivos o errores del trabajador), el tiempo requerido de producción entre otros.²⁰

f. Teoría de las restricciones

Los sistemas de cuello de botella como filosofía nacen en Israel a principio de los 70 por el Dr. Eliyahu Moshe Goldratt, físico, educador, escritor, filósofo y líder comercial con el sistema de programación OPT (Tecnología de Producción Optimizada), este sistema tiene como premisa que “los cuello de botella de la producción son la base para la programación y la planeación de la capacidad”²¹. Los denominados “cuellos de botella”, son factores limitantes como equipos, individuos, daños de piezas de aparatos, ausencia de alguna herramienta o aparato, políticas de las empresas, entre otros, que causan retraso en cualquier proceso de cualquier área de la empresa por el tiempo de desarrollo de este. Los cuellos de botella son las restricciones que impiden a la empresa alcanzar su máximo desempeño.

Tabla 1. Lista de reglas de la OPT

• Se balancea el flujo no la capacidad
• Las restricciones determinan la utilización de lo que no es cuello de botella.
• Utilización y activación de un recurso no son sinónimos.
• Una hora perdida de un cuello de botella es una hora perdida en todo el sistema.
• Una hora ahorrada en donde no hay cuello de botella es un espejismo.
• Los cuellos de botella gobiernan la producción y el inventario del sistema.
• El lote transferido puede, y muchas veces debe, no ser igual al lote del proceso.
• El lote del proceso debe ser variable no fijo.

²⁰ CASTRO, Hernando. Planeación y programación de la producción.

²¹ SIPPER, Daniel. Planeación y control de la producción.

- Deben establecerse programas observando todas las restricciones. Los tiempos de entrega son el resultado de un programa y no pueden determinarse.

Fuente: SIPPER Daniel, planeación y control de la producción.

El recurso cuello de botella se establece de manera que trabaje a su capacidad máxima y los demás recursos se orientan para servirlo.

El sistema OPT en su naturaleza es un software, pero sus características y aplicativos pueden ser tomados como referencia transformándolos en una filosofía administrativa.

El progreso del sistema OPT con el pasar de los años se fue convirtiendo en una filosofía administrativa mucho más concreta que llevo a la formulación de la *TOC(teoría de las restricciones)*, fue creada con el propósito de generar un proceso de mejora continua, está centrada en determinar la influencia de las restricciones del sistema con el fin de tomar decisiones que den mejoras al desempeño de este y dirigirlo hacia la meta. Los limitantes o restricciones de un sistema a cualquier cosa que impide la continuación hacia una meta, así esta teoría se establece como la manera de manipular las restricciones en beneficio de la empresa.²²

Existen tres tipos de restricciones:

- Restricciones físicas o de recursos internos: son maquinaria, recursos humanos, equipos especiales, procesos, actividades entre otras
- Restricciones políticas: son aquellas leyes y reglas instituidas por el entorno en el que se encuentra la empresa o por la misma empresa.
- Restricciones del mercado: son aquellas restricciones que hacen que el entorno y mercado rijan la demanda de producción de la empresa.

²² SIPPER, Op. cit.

La TOC plantea los siguientes pasos para la realización de la gestión de mejora de una empresa:

- Identificar las restricciones o limitaciones de la empresa.
- Tomar decisiones de cómo explotar las restricciones positivamente.
- Subordinar todo lo demás a las decisiones establecidas en el paso anterior.
- Explotar las restricciones de la empresa.
- Desarrollar los pasos nuevamente.

Para validar que la implementación de los pasos anteriores y la mejora en el desempeño del sistema generando el cumplimiento de la meta, se plantean las siguientes medidas operacionales:

- Salida: tasa a la que se produce dinero por las ventas.
- Inventario: se mide el inventario por el costo del material que se piensa vender.
- Gastos de operación: es el dinero que se gasta en convertir el inventario en salidas.

Existen herramientas que ayudan en la implementación de los 5 pasos de la TOC como: análisis de causa y efecto, administración de amortiguadores, tambor-amortiguador-cuerda, entre otros. Como el ideal de la TOC es ganar dinero, se debe establecer un pensamiento que busque hacer más y mejor con los recursos actuales.

La utilización de la TOC es ejemplarizada en empresas que generan grandes resultado como: reducción de lead time en un 50%, mejoras en el cumplimiento de entregas en un 44%, reducción de inventarios en un 49%, incremento en las ventas en un 63 %, incremento de las utilidades netas en un 40%. En más de 82 empresas entre las cuales se encuentran: 3M corporation; kellogs corporation;

D'Agostino Supermarkets, Inc.; North west Airlines; Dupont Engineering; Philips Semiconductor; General Motors Corporation; Intel International.²³

La TOC ha tenido un despliegue continuo desde sus inicios; a medida que su aplicación crece se desarrollan estudios conceptualizando soportes académicos como: University of Georgia, East Carolina University, University of New Mexico, Kansas State University, University of So. California, University of Wisconsin, North Carolina State University, Washington State University; entre otras.

g. Planeación agregada

La planeación agregada es un enfoque que se realiza de la planeación de la producción de una empresa a mediano plazo, la planeación se maneja a nivel global, satisfaciendo la demanda de todos los productos utilizando todos los recursos de la mejor manera, esta planeación puede determinarse a partir de dos enfoques, a partir de los métodos de las hojas de cálculo o métodos de optimización. Los aspectos significativos de la planeación agregada son la capacidad, los costos y las unidades agregadas.

- **Capacidad:** se refiere a cuanto puede llegar a producir un sistema, esta capacidad tiene una unidad de medida que debe ser acorde con las unidades de la demanda, lo ideal en la operatividad de la empresa es que la capacidad exceda la demanda. Los cambios en la capacidad requieren de planes a largo plazo y generalmente son costosos.
- **Costos:** los costos son un factor importante en la producción entre ellos se incluyen los costos de inventario, costos en el cambio de la capacidad y los costos de producción en general.
- **Unidades agregadas:** en los planes agregados el nivel de detalle de los productos no es tan necesario ya que la planeación se realiza a mediano plazo.

²³ <http://www.eticaygestion.org>.

Cuando existen diversos productos al realizar la planeación agregada, estos como son expresados en unidades de dinero y tiempo se “agregan” a una misma unidad.²⁴

Métodos con hojas de cálculo: este método es de ensayo y error. Existen dos estrategias dentro de este método, la primera, la estrategia de inventario cero, este “produce la demanda exacta en cada periodo, lo que requiere una fuerza de trabajo variable y la segunda una estrategia de nivel de producción, fabrica una cantidad constante cada periodo. Las variaciones en la demanda se satisfacen manteniendo un inventario”²⁵.

“Los métodos con hoja de cálculo pueden producir estrategias de cero inventarios, de nivel de producción y mixtas. Los enfoques de optimización incluyen modelos de programación lineal y modelos de transporte”²⁶.

h. Lean manufacturing (manufactura esbelta)

La manufactura esbelta nace en 1894 con el inventor Sakichi Toyoda. En un principio Sakichi diseña telares manuales con los cuales a partir de sus experimentos consiguió formar su empresa llamada *Toyoda Automatic Loom Works*, y construir los principios de algunas filosofías instituidas en la manufactura esbelta de hoy, en 1930 Sakichi vende la patente de la maquina (el telar), y acompañado de su hijo Kiichiro Toyoda y su sobrino Eiji Toyoda comienza la construcción de *Toyota Motor Company*, la cual “buscaba tener una menor cantidad de desperdicio y una competitividad igual a las compañías americanas”²⁷, teniendo como filosofía “pensar más allá de los beneficios individuales; es pensar a largo plazo por el bien de la compañía, así como tomar la responsabilidad de los

²⁴ SIPPER, Op .cit.

²⁶ SIPPER, Op cit.

²⁷ GALINDO COTA, Edber y VILLASEÑOR CONTRERAS, Alberto. Conceptos y Reglas del Lean Manufacturing.

problemas”²⁸, con el desarrollo de conceptos como, Justo A Tiempo, Formación y Empoderamiento de Lideres, Kanban, Jidoka, Ciclo Deming, Kaizen, entre otras, nace el revolucionario sistema de producción Toyota, que para los años 70 se convertiría en una filosofía poderosa. Al pasar del tiempo Toyota sigue implementando su sistema de producción mejorando y desplegando todos los conceptos que hoy hacen parte de la manufactura esbelta.

El termino de manufactura esbelta es dado al sistema de producción de Toyota hasta los años 90, específicamente en los libros (The Machine That Changed the World, escrito por James Womack, Daniel Jones y Daniel Roos, publicado en 1991) y (Lean Thinking, escrito por James Womack y Daniel Jones, publicado en 1996), basándose en las técnicas que Toyota había desarrollado hasta el momento.

La filosofía de manufactura esbelta en la actualidad comprende una gran variedad de conceptos y reglas que por su complejidad hace que la aplicación completa de esta dentro del proyecto no tenga cabida, por ello se han escogidos tres temáticas que son notables y aplicables a el proyecto, las cuales serán expuestas a continuación.

- 4M (M’S): Las 4 M, son aquellas variables que inciden en agregar valor al cliente dentro del sistema de producción, son denominadas 4 M ya que la primera letra de cada variable comienza por M, las tres primeras hacen referencia a los recursos y la cuarta es el camino que siguen los recursos hasta el producto terminado.

²⁸ GALINDO COTA, Edber y VILLASEÑOR CONTRERAS, Alberto. Manual de Lean Manufacturing.

Variables:

- Materiales: los materiales deben estar completos y no deben tener defectos.
- Maquinas: la maquinaria debe funcionar correctamente evitando productos defectuosos.
- Man (personas): el personal debe tener las competencias adecuadas, buena capacitación, buenos hábitos de trabajo, las habilidades correspondientes.
- Métodos: deben establecerse procesos estandarizados.²⁹

• 5 S (S's): Es una metodología que se puede implementar en el lugar o área de trabajo o en los dos, generando una mayor eficiencia basándose en una producción lean (esbelta), con un control visual. Se denomina 5 S puesto que el proceso a desarrollar se describe con 5 palabras en japonés que comienzan por S. estas son:

- Seiri (clasificación): separación de los artículos necesarios de los innecesarios.
- Seiton (organizar): asignación de espacios para cada objeto.
- Seiso (limpieza): mantener los objetos limpios.
- Seiketsu (estandarizar): normalizar y sistematizar procesos y métodos.
- Shitsuke (disciplinar): dar continuidad con todo el proceso (los 4 pasos anteriores) haciéndolo regularmente.³⁰

• Desperdicios: Es una técnica de eliminación de desperdicios ya determinados que lleva a el progreso de la empresa.

Tipos de desperdicios:

- Sobrecostos: son aquellos productos que no se venden, o son vendidos a precios bajos o son hechos antes de su requerimiento.

²⁹ GALINDO COTA, Op. Cit, Manual de Lean Manufacturing.

³⁰ GALINDO COT, Op. cit. Manual de Lean Manufacturing.

- Inventario: es todo producto terminado y almacenado o almacenado entre procesos.
- Transporte: son los movimientos del producto en todas sus fases desde la compra hasta la entrega al cliente.
- Productos defectuosos o retrabajos: son aquellos productos que por defectos deben volver a fases anteriores del proceso al actual.
- Movimientos: son los pasos innecesarios dentro de un proceso.
- Proceso: es la realización de actividades innecesarias para obtener el producto terminado.
- Espera: es el tiempo de espera del operario, la máquina o ambos para continuar con la producción.
- Información: es el exceso o la falta de información y el mal uso de esta.³¹

i. Simulación

La simulación por ordenador nace en la segunda guerra mundial con los matemáticos J. Neumann y S. Ulam resolviendo un problema complejo del comportamiento de los neutrones a partir de números aleatorios y distribuciones de probabilidad, este experimento fue denominado método de Montecarlo.

La simulación se intensifica con la guerra fría, implementada en problemas de orden militar. En los años 80, a medida que la informática evoluciona, con ella evoluciona de la misma manera la simulación y su implementación en diversas áreas de la ciencia y la ingeniería. Con el pasar del tiempo la simulación es utilizada en cualquier ámbito, sin importar la complejidad de la temática y se ha convertido en una herramienta de posible acceso y generador de desarrollo.

La simulación “es una técnica que imita la operación de un sistema del mundo real a medida que evoluciona con el tiempo. Esto normalmente se hace desarrollando

³¹ GALINDO COTA, Op. cit. Manual de Lean Manufacturing.

un modelo de simulación. Un modelo de simulación, por lo general, toma la forma de un conjunto de suposiciones acerca de la operación del sistema, expresado como relaciones matemáticas o lógicas entre los objetos de interés del sistema”³². Se realiza con el propósito de la identificación de medidas de desempeño que lleven a un análisis y posterior estudio de un sistema generando una conclusión optima dentro de posibilidades que se puedan presentar, todo esto dentro de un supuesto construido en base a datos reales. “La simulación matemática consiste en experimentar con modelos generados mediante la programación matemática, asignando valores a las variables de entrada y observando los valores de las salidas; es decir, es el laboratorio o rama experimental de la investigación operacional.”³³ La simulación no es equivalente a la optimización, “simular consiste precisamente en perturbar o estimular un modelo para que, de acuerdo con su estructura orgánica interna, refleje las características y efectos correspondientes que se articulan con estímulos recibidos, según la interpretación consignada en el modelo”.³⁴

Existen dos tipos de modelos de simulación:

- El modelo de simulación estática: se realiza en un punto específico en el tiempo
- El modelo de simulación dinámica: se realiza a medida que un sistema se desarrolla con el tiempo.

Como toda técnica, la simulación tiene ventajas y desventajas, ventajas como facilidad de aplicación por las pocas restricciones en comparación con los métodos analíticos, cuando se construye el modelo puede usarse varias veces con diferentes variables y desventajas como lo es que la eficiencia de la simulación depende de la construcción del modelo, los costos a los que se puede llegar a incurrir, entre otros.

³² WINSTON, Wayne. Investigación de operaciones, aplicaciones y algoritmos.

³³ BOGOYA, Daniel. Simulación de procesos químicos en estado estable
[<http://www.revistavirtualpro.com>]

³⁴ Ibid.

2.5.3. Marco conceptual:

- Termoformado: es el proceso por el cual se le da forma a una lámina de plástico por medio de calor, utilizando un molde a temperaturas entre 120 °C y 180°C.
- Extrusión: es un proceso mecánico en donde se hace el prensado y moldeado del plástico, que con presión y empuje continuamente, se le hace pasar por un molde encargado de darle la forma deseada con una temperatura específica.
- Laminación: es el proceso en el cual el plástico pasa por rodillos de tal manera que estos le dan forma plana, con medidas según especificaciones.
- Polímero: Es una sustancia de la familia de los compuestos orgánicos conformada por una cantidad finita de moléculas con un alto peso molecular.
- Polietileno Tereftalato (PET): es un polímero que pertenece al grupo de materiales sintéticos denominados poliésteres, es muy usado en envases de bebidas y textiles.
- Polietileno de alta densidad (HDPE): polímero perteneciente a la familia de polímeros olefínicos, se caracteriza por su resistencia química y térmica, solido, incoloro, es muy usado en envases plásticos desechables.
- Policloruro de vinilo (PVC): es una resina que resulta de la polimerización del cloruro de vinilo, se caracteriza por su resistencia eléctrica, existen dos tipos, rígido para envases, ventanas, tuberías y flexible para cables, calzado, juguetes.
- Polietileno de baja densidad (LDPE): es un polímero de la familia de los polímeros olefínicos se caracteriza por su buena resistencia al impacto, más flexible que el polietileno de alta densidad, es usado en sacos y vasos plásticos, juguetes, entre otros.
- Polipropileno (PP): Es un polímero perteneciente a la familia de las polioleofinas es resistente a solventes químicos, es utilizado en empaques para alimentos, tejidos, equipos de laboratorio, entre otros.
- Poliestireno (PS): Es un polímero que se obtiene de la polimerización del estireno, existen cuatro tipos, PS Cristal, es transparente y quebradizo, PS de alto

impacto es resistente y opaco, PS expandido es muy ligero y el PS extrusionado denso e impermeable, son usados para vasos y diferentes objetos hechos mediante moldeo.*

- Recursos cuello de botella: son aquellos recursos que desarrollan sus actividades en un tiempo muy largo y retrasan demás procesos, generando diversas problemáticas a la organización.
- Proceso productivo: es un sistema de actividades que se encuentran interrelacionadas de forma dinámica orientadas a la transformación de elementos que se convierten en productos.
- Capacidad de producción: es el máximo nivel de producción alcanzada en una organización.
- Demanda: es la cantidad de un servicio o bien que los clientes desean adquirir.
- Clientes: son aquellas personas que adquieren un bien o servicio por medio de un pago.
- Subutilización de maquinaria: utilización de una maquina a una capacidad menor a su capacidad máxima.*

* Información obtenida en <http://www.acoplasticos.org/>

*Información obtenida en HEIZER Jay y RENDER Barry. Dirección de la producción y de operaciones.

* Información obtenida en CASTRO, Hernando. Planeación y programación de la producción.

3. DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1. CARACTERIZACIÓN DE LA LÍNEA PRODUCTIVA DE TERMOFORMADO

Objetivo. Caracterizar el proceso productivo de la línea de termoformado de la empresa Creapack Ltda identificando variables, actores, medios tecnológicos y restricciones de manufactura.

En la caracterización del proceso de termoformado se llevaron a cabo 3 actividades principales, como primera actividad se realizó la Identificación del proceso productivo por medio de visitas programadas a la empresa para conocer los procesos de la línea de termoformado, generando como resultado la descripción de los procesos diseñados y existentes actualmente.

El proceso productivo de la línea de termoformado está diseñado para la elaboración de 4 diferentes familias de productos que son:

- Termoformado: cunas para galletas, vasos y platos desechables.
- Termoformado farmacéutico: empaques para ampollitas, cremas y lociones.
- Termoformado industrial: platones para carretilla y termoformados especiales.
- Termoformado publicitario: afiches, planos, planos con volumen.

De las 4 familias de productos diseñadas, en la actualidad la empresa está produciendo los vasos desechables y los platones para carretilla, por tanto para la efectividad del estudio se tendrán en cuenta únicamente los procesos de estos dos productos.

Como segunda actividad se realizó la delimitación del proceso productivo de la línea de termoformado. Se planeó la realización de un estudio de tiempos y movimientos, pero al hacer las observaciones previas a la ejecución del estudio, se determinó por el tipo de tarea ejecutada y las condiciones en que se realiza la misma que el estudio de movimientos sería ineficiente puesto que en los procesos de termoformado los movimientos minuciosos tienen poca relevancia en cuanto al tiempo, igualmente cada proceso es realizado por una sola máquina haciendo irrelevante la reducción de tiempo probable que podría realizarse. Por ello con base al resultado de la primera actividad se realizó un estudio de tiempos para los dos procesos existentes actualmente en la empresa, los tiempos fueron tomados en visitas programadas teniendo en cuenta las operaciones normales de la empresa.

El estudio de tiempos del proceso de fabricación de platones para carretilla se ejecutó en tres pasos. El primer paso fue la realización de tres visitas a la empresa para conocer el proceso y los operarios y así se determinó el horario en el cual se realizaría el estudio escogiendo un operario hábil y colaborador y se dividió el proceso en actividades medibles (normalización del método). Escogido el operario y el horario, como segundo paso se realizó la obtención de los datos de los procesos realizados para la manufactura de los platones de carretilla, por el método de toma de tiempos por cronómetro (método continuo). Se efectuaron 10 observaciones como muestra inicial para determinar el número de observaciones necesarias, presentadas a continuación en el cuadro 5.

Cuadro 5. Estudio de tiempos. Platón de carretillas 1.

Hoja de observaciones 1 de 3												
Operación: termoformado de carretillas				Observador: Laura Marcela Moreno Manzano								
Operador: Claudina Castro Duarte				Condiciones: con experiencia								
Máquina				Fecha								
ELEMENTO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ste
1. Alimentación de la máquina.	E	00:35	00:20	00:39	00:22	00:31	00:32	00:30	00:32	00:31	00:33	00:30
	C	00:35	00:20	00:39	00:22	00:31	00:32	00:30	00:32	00:31	00:33	
2. Calentamiento de la lámina.	E	11:02	11:10	11:05	11:01	11:02	11:01	11:02	11:03	11:01	11:01	11:03
	C	11:37	11:30	11:44	11:23	11:33	11:33	11:32	11:35	11:32	11:34	
3. Moldeamiento de la lámina.	E	01:15	01:14	01:14	01:15	01:15	01:15	01:15	01:15	01:15	01:14	01:15
	C	12:52	12:44	12:58	12:38	12:48	12:48	12:47	12:50	12:47	12:48	
4. Retiro del calentador.	E	00:40	00:40	00:41	00:41	00:40	00:42	00:41	00:40	00:40	00:40	00:40
	C	13:32	13:24	13:39	13:19	13:28	13:30	13:28	13:30	13:27	13:28	
5. Refrigeración del PP.	E	03:33	03:30	03:29	03:30	03:29	03:31	03:30	03:29	03:30	03:33	03:30
	C	17:03	16:54	17:08	16:49	16:57	17:01	16:58	16:59	16:57	17:01	
6. Pulverización de PP para desmolde.	E	00:30	00:46	00:48	00:51	00:37	00:42	00:41	00:37	00:38	00:41	00:41
	C	17:33	17:40	17:56	17:40	17:34	17:43	17:39	17:36	17:35	17:42	
7. Inspección de textura de PP.	E	00:04	00:05	00:04	00:06	00:03	00:04	00:06	00:05	00:04	00:06	00:05
	C	17:37	17:45	18:00	17:46	17:37	17:47	17:45	17:41	17:39	17:48	
8. Pulverización e inspección de textura de PP.	E	00:17	00:16	00:19	00:15	00:16	00:17	00:18	00:17	00:15	00:16	00:17
	C	17:54	18:01	18:19	18:01	17:53	18:04	18:03	17:58	17:54	18:04	
9. Retiro del molde.	E	01:27	01:30	01:35	01:32	01:31	01:27	01:30	01:30	01:32	01:30	01:30
	C	19:21	19:31	19:54	19:33	19:24	19:31	19:33	19:28	19:26	19:34	

10.Desmolde de PP.	E	00:46	00:54	00:42	00:53	00:50	00:48	00:48	00:51	00:46	00:48	00:47
	C	20:07	20:25	20:36	20:26	20:14	20:19	20:21	20:19	20:12	20:12	
11. Transporte de PP a zona de corte.	E	00:09	00:05	00:07	00:07	00:09	00:09	00:06	00:07	00:09	00:06	00:07
	C	20:16	20:30	20:42	20:32	20:23	20:28	20:27	20:26	20:21	20:18	
12. Corte de PP.	E	02:21	02:13	02:16	02:19	02:18	02:22	02:20	02:20	02:22	02:24	02:19
	C	22:37	22:43	22:58	22:51	22:41	22:57	22:47	22:46	22:43	22:42	
13. Lija de extremos de PP.	E	00:48	00:39	00:43	00:40	00:45	00:45	00:44	00:47	00:48	00:48	00:44
	C	23:25	23:22	23:41	23:31	23:26	23:42	23:31	23:33	23:31	23:30	
14. Transporte de PT a zona de almacenamiento.	E	00:08	00:07	00:10	00:07	00:07	00:05	00:08	00:06	00:07	00:07	00:07
	C	23:33	23:29	23:51	23:38	23:32	23:47	23:39	23:39	23:38	23:37	
15. Almacenamiento de PT.	E	00:03	00:04	00:02	00:03	00:03	00:04	00:03	00:05	00:03	00:04	00:03
	C	23:36	23:33	23:53	23:41	23:35	23:51	23:42	23:44	23:41	23:41	

Fuente: la autora, 2012.

Para dar validez al estudio de tiempos, se determinó el número de ciclos a observar aplicando la fórmula de error estándar, para una precisión dentro del $\pm 5\%$ con un nivel de confianza del 95% a los datos del cuadro 5.

Figura 8: Formula de error estándar.

$$N' = \left(\frac{K / s \sqrt{N \sum x^2 - (\sum X)^2}}{\sum x} \right)^2$$

Donde:

N' = número de ciclos necesarios para obtener el nivel deseado de precisión y confianza.

k/s = factor de confianza - precisión.

X = tiempos representativos de los elementos.

N = número de tiempos representativos.

Fuente: RIGGS, James. Sistemas de producción planeación, análisis y control.

Aplicando la formula con base a los datos obtenidos previamente descritos en el cuadro 5, se obtuvo como resultado que el número de ciclos necesarios a observar son 32, por lo tanto, es necesario realizar 22 observaciones adicionales presentes en los cuadros 6 y 7. Las observaciones adicionales fueron realizadas siguiendo el mismo procedimiento que se llevó a cabo en las 10 primeras observaciones para obtener uniformidad en el estudio.

Cuadro 6. Estudio de tiempos. Platón de carretilla 2.

Hoja de observaciones 2 de 3												
Operación: termoformado de carretillas				Observador: Laura Marcela Moreno Manzano								
Operador: Claudina Castro Duarte				Condiciones: con experiencia								
Máquina				Fecha								
ELEMENTO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1. Alimentación de la máquina.	E	00:24	00:29	00:30	00:28	00:33	00:31	00:29	00:30	00:30	00:33	00:32
	C	00:24	00:29	00:30	00:28	00:33	00:31	00:29	00:30	00:30	00:33	00:32
2. Calentamiento de la lámina.	E	11:00	11:08	11:08	11:02	11:07	11:00	11:05	11:02	11:05	11:03	11:02
	C	11:24	11:37	11:38	11:30	11:40	11:31	11:34	11:32	11:35	11:36	11:34
3. Moldeamiento de la lámina.	E	01:15	01:15	01:15	01:15	01:14	01:14	01:15	01:14	01:14	01:15	01:14
	C	12:39	12:52	12:53	12:45	12:54	12:45	12:49	12:46	12:49	11:51	12:48
4. Retirar el calentador.	E	00:40	00:42	00:42	00:40	00:40	00:41	00:41	00:41	00:40	00:42	00:42
	C	13:19	13:34	13:35	13:25	13:34	13:26	13:30	13:32	13:29	13:33	13:30
5. Refrigeración del PP.	E	03:30	03:34	03:31	03:29	03:33	03:31	03:34	03:33	03:30	03:33	03:28
	C	16:49	17:08	17:06	16:54	17:07	16:57	17:04	17:05	16:59	17:06	16:58
6. Pulverización de PP para desmolde.	E	00:45	00:50	00:46	00:40	00:41	00:44	00:39	00:36	00:40	00:38	00:40
	C	17:34	17:58	17:52	17:34	17:48	17:41	17:42	17:41	17:39	17:44	17:38
7. Inspección de textura de PP.	E	00:03	00:03	00:04	00:04	00:03	00:05	00:05	00:04	00:03	00:04	00:05
	C	17:37	18:01	17:56	17:38	17:51	17:46	17:47	17:45	17:42	17:48	17:43
8. Pulverización e inspección de textura de PP.	E	00:15	00:18	00:17	00:17	00:16	00:16	00:15	00:15	00:18	00:17	00:16
	C	17:52	18:19	18:13	17:55	18:07	18:02	18:02	18:00	18:00	18:05	17:59
9. Retirar el molde.	E	01:30	01:30	01:33	01:27	01:30	01:30	01:33	01:27	01:33	01:28	01:31
	C	19:22	19:49	19:46	19:22	19:37	19:32	19:35	19:27	19:33	19:33	19:30

10.Desmoldar PP.	E	00:40	00:57	00:52	00:49	00:51	00:50	00:49	00:53	00:48	00:51	00:50
	C	20:02	20:46	20:38	20:11	20:28	20:22	20:24	20:20	20:21	20:24	20:20
11. Llevar PP a zona de corte.	E	00:10	00:08	00:10	00:05	00:08	00:06	00:06	00:09	00:09	00:10	00:09
	C	20:12	20:54	20:48	20:16	20:36	20:28	20:30	20:29	20:30	20:34	20:29
12. Corte de PP.	E	02:15	02:20	02:23	02:18	02:15	02:20	02:20	02:23	02:18	02:21	02:22
	C	22:27	23:14	23:11	22:38	22:51	22:48	22:50	22:52	22:48	22:55	22:51
13. Lijar extremos de PP.	E	00:46	00:49	00:40	00:38	00:42	00:46	00:40	00:39	00:46	00:44	00:42
	C	23:13	24:03	23:51	23:16	23:33	23:34	23:30	23:31	23:34	23:39	23:33
14. Transporte de PT a zona de almacenamiento.	E	00:06	00:05	00:07	00:07	00:06	00:07	00:08	00:07	00:05	00:06	00:06
	C	23:19	24:08	23:58	23:22	23:39	23:41	23:38	23:28	23:39	23:45	23:39
15. Almacenamiento de PT.	E	00:04	00:02	00:02	00:04	00:03	00:03	00:02	00:02	00:04	00:03	00:04
	C	23:23	24:10	24:00	23:26	23:42	23:44	23:40	23:30	23:43	23:48	23:43

Fuente. La autora, 2012.

Cuadro 7. Estudio de tiempos. Platón de carretilla 3.

Hoja de observaciones 3 de 3													
Operación: termoformado de carretillas				Observador: Laura Marcela Moreno Manzano									
Operador: Claudina Castro Duarte				Condiciones: con experiencia									
Máquina				Fecha									
ELEMENTO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Ste
1. Alimentación de la máquina.	E	00:23	00:30	00:33	00:28	00:35	00:31	00:30	00:25	00:30	00:31	00:29	00:30
	C	00:23	00:30	00:33	00:28	00:35	00:31	00:30	00:25	00:30	00:31	00:29	
2. Calentamiento de la lámina.	E	11:01	11:05	11:09	11:02	11:04	11:02	11:03	11:02	11:02	11:03	11:01	11:03
	C	11:24	11:35	11:42	11:30	11:39	11:33	11:33	11:27	11:32	11:34	11:30	
3. Moldeamiento de la lámina.	E	01:14	01:15	01:15	01:14	01:14	01:15	01:15	01:14	01:15	01:15	01:15	01:15
	C	12:38	12:50	12:57	12:44	12:53	12:48	12:48	12:41	12:47	12:49	12:45	
4. Retirar el calentador.	E	00:40	00:42	00:40	00:41	00:41	00:41	00:40	00:40	00:42	00:41	00:42	00:40
	C	13:18	13:32	13:37	13:25	13:34	13:29	13:28	13:21	13:29	13:30	13:27	
5. Refrigeración del PP.	E	03:35	03:33	03:30	03:31	03:30	03:33	03:31	03:30	03:29	03:29	03:30	03:30
	C	16:53	17:05	17:07	16:56	17:04	17:02	16:59	16:51	16:58	16:59	16:57	
6. Pulverización de PP para desmolde.	E	00:44	00:36	00:42	00:48	00:40	00:44	00:42	00:40	00:42	00:37	00:42	00:41
	C	17:37	17:41	17:49	17:44	17:44	17:46	17:41	17:31	17:40	17:36	17:39	
7. Inspección de textura de PP.	E	00:05	00:04	00:04	00:04	00:05	00:03	00:04	00:03	00:06	00:04	00:03	00:04
	C	17:42	17:41	17:53	17:48	17:49	17:49	17:45	17:34	17:46	17:40	17:42	
8. Pulverización e inspección de textura de PP.	E	00:15	00:18	00:19	00:17	00:14	00:17	00:18	00:16	00:16	00:17	00:18	00:16
	C	17:57	17:59	18:12	18:05	18:03	18:06	18:03	17:50	18:02	17:57	18:00	

9. Retirar el molde.	E	01:31	01:29	01:33	01:30	01:35	01:33	01:31	01:31	01:30	01:30	01:32	01:31
	C	19:28	19:28	19:45	19:35	19:38	19:39	19:34	19:21	19:32	19:27	19:32	
10.Desmoldar PP.	E	00:50	00:48	00:43	00:55	00:52	00:51	00:52	00:47	00:49	00:50	00:50	00:49
	C	20:18	20:16	20:28	20:30	20:30	20:30	20:26	20:08	20:21	20:17	20:22	
11. Llevar PP a zona de corte.	E	00:07	00:06	00:07	00:07	00:10	00:08	00:09	00:09	00:06	00:09	00:07	00:08
	C	20:25	20:22	20:35	20:37	20:40	20:38	20:35	20:17	20:27	20:26	20:29	
12. Corte de PP.	E	02:22	02:29	02:28	02:18	02:20	02:20	02:21	02:22	02:27	02:23	02:27	02:21
	C	22:47	22:51	23:03	22:55	23:00	22:58	22:56	22:39	22:54	22:49	22:56	
13. Lijar extremos de PP.	E	00:51	00:47	00:49	00:54	00:53	00:48	00:49	00:51	00:49	00:53	00:50	00:46
	C	23:18	23:20	23:29	23:28	23:34	23:26	23:23	23:11	23:22	23:21	23:25	
14. Transporte de PT a zona de almacenamiento.	E	00:07	00:08	00:08	00:06	00:08	00:07	00:07	00:05	00:05	00:07	00:06	00:07
	C	23:25	23:28	23:37	23:34	23:42	23:33	23:30	23:16	23:27	23:28	23:31	
15. Almacenaje de PT.	E	00:03	00:04	00:04	00:03	00:02	00:05	00:05	00:04	00:03	00:04	00:02	00:03
	C	23:28	23:33	23:40	23:39	23:45	23:40	23:35	23:21	23:35	23:32	23:37	

Fuente. La autora, 2012.

Con los datos de los tiempos completos, se determinó el tiempo normal y el tiempo estándar del proceso como tercer pasó del estudio de tiempos.

- Tiempo normal: TN, el ritmo asignado a cada actividad fue determinado en las observaciones realizadas teniendo en cuenta la experticia del operario y la ejecución específica de cada tarea.

Cuadro 8. Tiempo normal de platón de carretillas.

Actividad	Tiempo. seleccionado (STt)	% de calificación	TN
1. Alimentación de la máquina.	00:30	90%	00:27
2. Calentamiento de la lámina.	11:03	Máquina	11:03
3. Moldeamiento de la lámina	01:15	Máquina	01:15
4 Retiro el calentador.	00:40	Máquina	00:40
5. Refrigeración de PP.	03:30	Máquina	03:30
6. Pulverización de PP para desmolde.	00:41	55%	00:23
7. Inspección de textura de PP.	00:04	75%	00:03
8. Pulverización e inspección de textura de PP.	00:17	75%	00:13
9. Retiro el molde.	01:31	Máquina	01:31
10.Desmolde PP.	00:49	45%	00:22
11. Transporte de PP a zona de corte.	00:08	90%	00:07
12. Corte de PP.	02:21	80%	01:53
13. Lija de extremos de PP.	00:46	80%	00:37
14. Transporte de PT a zona de almacenamiento.	00:07	90%	00:06
15. Almacenamiento de PT.	00:03	80%	00:02
TOTAL	23:45Min		22:12 Min

Fuente: la autora, 2012.

* Las actividades se refieren a cada proceso desarrollado para la producción de platones de carretilla, tiempo seleccionado (STt) se refiere a la duración de cada actividad o proceso en minutos de la producción de platones de carretilla, % de calificación hace referencia a la apreciación dada por el observador al desarrollo de cada actividad por parte del operario estudiado teniendo en cuenta los parámetros del método Westinghouse³⁵, con puntuaciones de 0% a 140%, siendo 0% la peor puntuación y 140% la mejor puntuación y el tiempo normal (TN) hace referencia al resultado de la operación (STt* % calificación).

- Tiempo estándar: la asignación de tolerancias se determinó teniendo en cuenta los lineamientos de la OIT (organización internacional del trabajo) y las variables que pueden tener incidencia en la ejecución del proceso de termoformado de platones para carretillas.

Cuadro 9. Asignación de tolerancias del proceso de platón de carretilla.

Tipo de tolerancia	Porcentaje asignado	Jornada laboral (JL)	Tiempo en (JL)
Personales	7%	480 min/día	33,6 min/día
Por fatiga	4%	480 min/día	19,2 min/día
Por demoras	2%	480 min/día	9,6 min/día
Total	13%	480 min/día	62,4 min/día

Fuente: la autora, 2012.

Cuadro 10. Tiempo estándar del platón de carretillas.

TN (tiempo normal)	Tolerancia Total*	TE (tiempo estándar)
(22,12) Minutos	13%= 62 Minutos	(22,12 *1,13)= 25,05 Min

Fuente. La autora, 2012.

* Tolerancia total se determina multiplicando el 13% de la tolerancia con las 8 horas laboradas por turno, $(480 \text{ min} * 0,13) = 62 \text{ minutos}$.

³⁵ <http://ingenierosindustriales.jimdo.com>

- Estudio de tiempos del proceso de fabricación de vasos desechables: el estudio se efectuó en 3 grandes pasos.

Como primer paso se realizaron tres visitas a la empresa para conocer el proceso y los operarios y así se determinó el horario en el cual se realizaría el estudio escogiendo un operario hábil y colaborador y se dividió el proceso en actividades medibles (normalización del método). Seguidamente como segundo paso se realizó la obtención de los datos por el método de toma de tiempos por cronómetro (método continuo). Se efectuaron 10 observaciones como muestra inicial para determinar el número de observaciones necesarias, presentadas en cuadro 11 presentado a continuación.

Cuadro 11.Estudio de tiempos de termoformado de vasos desechables.

Hoja de observaciones 1 de 1												
Operación: termoformado de vasos desechables						Observador: Laura Marcela Moreno Manzano						
Operador: José						Condiciones: con experiencia						
Máquina						Fecha						
ELEMENTO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ste
1. Alimentación de la máquina.	E	00:22	00:06	00:05	00:08	00:06	00:21	00:07	00:06	00:06	00:05	00:06
	C	00:22	00:06	00:05	00:08	00:06	00:21	00:07	00:06	00:06	00:05	
2. Calentamiento de la lámina.	E	00:16	00:17	00:16	00:16	00:18	00:20	00:17	00:17	00:16	00:18	00:17
	C	00:38	00:23	00:21	00:24	00:24	00:41	00:24	00:23	00:22	00:23	
3. Moldeamiento de la lámina.	E	00:07	00:09	00:09	00:08	00:09	00:11	00:08	00:12	00:10	00:12	00:09
	C	00:45	00:32	00:30	00:32	00:33	00:52	00:32	00:35	00:32	00:35	
4. Retirar el molde.	E	00:30	00:31	00:31	00:31	00:30	00:32	00:31	00:30	00:30	00:30	00:31
	C	01:15	01:03	01:01	01:03	01:03	01:24	01:03	01:05	01:02	01:05	
5. pulverización de PP.	E	00:03	00:04	00:03	00:03	00:03	00:05	00:04	00:05	00:03	00:04	00:04
	C	01:18	01:07	01:04	01:06	01:06	01:29	01:07	01:10	01:05	01:09	
6. Desmolde de PP.	E	00:26	00:30	00:29	00:30	00:29	00:31	00:30	00:29	00:30	00:33	00:30
	C	01:44	01:37	01:33	01:36	01:35	02:00	01:37	01:39	01:35	01:41	

7. Acopiamiento de malla.	E	00:30	00:33	00:28	00:31	00:31	00:32	00:31	00:33	00:28	00:31	00:31
	C	02:14	02:10	02:01	02:07	02:06	02:32	02:08	02:12	02:03	02:12	
8. Inspección de PT.	E	02:15	02:10	02:12	02:11	02:12	02:13	02:15	02:14	02:12	02:15	02:13
	C	04:29	04:20	04:13	04:18	04:18	04:45	04:23	04:26	04:15	04:27	
9. Empaque de PT.	E	04:27	04:30	04:35	04:32	04:31	04:27	04:30	04:30	04:32	04:30	04:30
	C	08:56	09:10	08:48	08:50	08:49	09:12	08:53	08:56	08:47	08:57	
10. Almacenamiento de PT	E	00:53	00:54	00:52	00:53	00:50	00:48	00:43	00:51	00:56	00:58	00:52
	C	09:49	10:04	09:40	09:43	09:39	10:00	09:46	09:47	09:43	09:55	

Fuente: la autora, 2012

Para la validación del estudio de tiempos del proceso de termoformado de vasos desechables se aplicó la fórmula de error estándar referida en la figura 8, determinando el número de ciclos observados que generen una precisión dentro del $\pm 5\%$ con un nivel de confianza del 95% a los datos en el cuadro 11. Se obtuvo como resultado que el número de ciclos necesarios a observar son 10, por lo tanto, las observaciones realizadas son suficientes.

Con los datos de los tiempos completos, se determinó el tiempo normal y el tiempo estándar del proceso como tercer pasó.

- En la tarea 1 (alimentación de la máquina), existe un elemento irregular que comprende la colocación del rollo de lámina para la alimentación continua de la máquina, este elemento sucede cada 5 ciclos con una duración promedio de 21,5 segundos. Se generaron dos tiempos normales y estándar, incluyendo el elemento irregular (EI) y no incluyéndolo.
- Tiempo normal: TN, el ritmo asignado a cada actividad fue determinado en las observaciones realizadas teniendo en cuenta los parámetros del método Westinghouse³⁶ la habilidad, el esfuerzo, las condiciones y la consistencia en la ejecución específica de cada tarea.

Cuadro 12. Tiempo normal del proceso de termoformado de vasos desechables.

Actividad	Tiempo. seleccionado (STt)	% de calificación	TN
1. Alimentación de la máquina.	00:06	90%	00:05
2. Calentamiento de la lámina.	00:17	Máquina	00:17
3. Moldeamiento de la lámina	00:09	Máquina	00:09
4. Retiro del molde.	00:31	Máquina	00:31
5. Pulverización PP.	00:04	Máquina	00:04
6. Desmolde de PP.	00:30	Máquina	00:30
7. Acopiamiento de la malla.	00:31	Máquina	00:31
8. Inspección de PT.	02:13	70%	01:33
9. Empaque de PT.	04:30	60%	02:42

³⁶ <http://ingenierosindustriales.jimdo.com>

10. Almacenamiento de PT.	00:52	70%	00:36
TOTAL (sin EI)	09:43 min		06.59 min
1. Elemento irregular.	(00:22-00:06)= 00:16	90%	00:14
TOTAL (con EI)	09:49 min		07:13 min

Fuente: la autora, 2012.

- Tiempo estándar: la asignación de tolerancias se determinó teniendo en cuenta los lineamientos de la OIT (organización internacional del trabajo) y las variables que pueden tener incidencia en la ejecución del proceso de termoformado de platones para carretillas.

Cuadro 13. Asignación de tolerancias del proceso de termoformado de vasos desechables.

Tipo de tolerancia	Porcentaje asignado	Jornada laboral (JL)	Tiempo en (JL)
Personales	7%	480 min/día	33,6 min/día
Por fatiga	3%	480 min/día	14,4 min/día
Por demoras	2%	480 min/día	9,6 min/día
Total	12%	480 min/día	57,6 min/día

Fuente: la autora, 2012.

Cuadro 14. Tiempo estándar del proceso de termoformado de vasos desechables.

TN (tiempo normal)	Tolerancia Total	TE (tiempo estándar)
Con EI (07,13) Minutos	12%= 58 Minutos	(07,13*1,12)= 8,05 Min
Sin EI (06,59) Minutos	12%= 58 Minutos	(06,59 *1,12)= 7,49 Min

Fuente. La autora, 2012.

Con los resultados obtenidos de las actividades preliminares se realizó la caracterización a través de diagramas específicos de los procesos como tercera actividad, presentes a continuación.

Con la información recopilada del proceso de termoformado del platón para carretillas se elaboraron los siguientes diagramas.

Cuadro 15. Tiempos de operación operario–máquina de termoformado de platón de carretilla.

Nº	ACTIVIDAD	OPERARIO	MÁQUINA	TIEMPO
1	Alimentación de la máquina	✓		00:27
2	Calentamiento de la lamina		✓	11:03
3	Moldeamiento de la lamina		✓	01:15
4	Retirar el calentador		✓	00:40
5	Refrigeración del PP		✓	03:30
6	Pulverización para desmolde de pp.	✓		00:23
7	Inspección de textura de PP.	✓		00:03
8	Pulverización e inspección de PP.	✓		00:13
9	Retiro el molde		✓	01:31
10	Desmolde de PP.	✓		00:22
11	Transporte de PP a zona de corte	✓		00:07
12	Corte de PP.	✓		01:53
13	Lija de extremos de PP	✓		00:37

14	Transporte de PT a zona de almacenamiento.	✓		00:06
15	Almacenamiento de PT	✓		00:02
	TOTAL	0:04:13	0:17:59	0:22:12

Fuente: autora, 2012.

Con la información anterior se puede observar que en el proceso de termoformado de platón de carretilla, el 81% es operación de la máquina, mientras que solo el 19% es operación del operario.

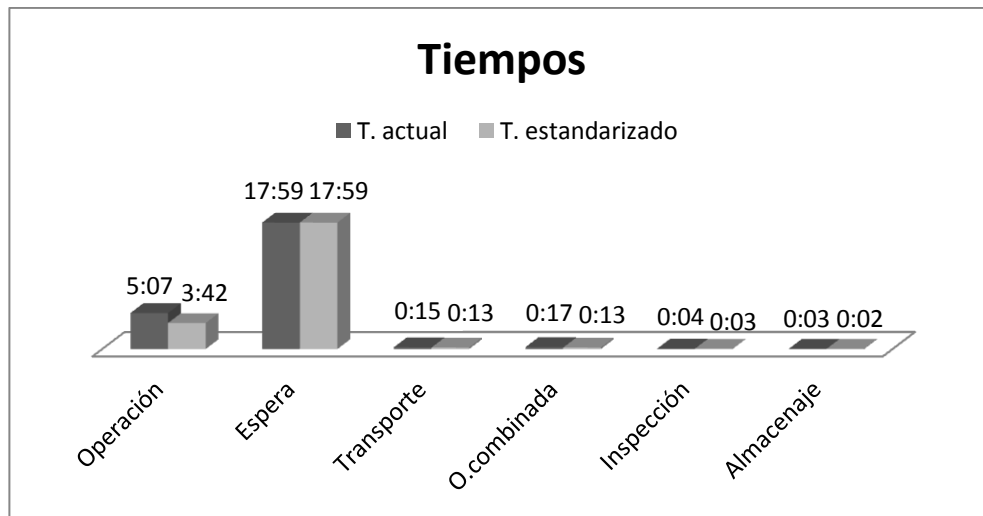
Figura 9. Diagrama de proceso de termoformado de platón de carretillas.

SUJETO DE ESTUDIO: Claudina Castro Duarte			FECHA
OPERACIÓN: Termoformado de platón de carretilla.			DIAGRAMA ELABORADO POR: Laura Marcela Moreno Manzano
HOJA N° 1 DE 1			DEPARTAMENTO: Producción
Distancia	Tiempo/min	Símbolo	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO
	00:30	①	Colocar la lámina dentro de la máquina
	11:03	①	Calentamiento de la lámina
	01:15	②	Moldeamiento de la lámina (estiraje)
	00:40	③	Retirar el calentador (subida del molde)
	03:30	④	Refrigeración del Producto en proceso
	00:23	②	Pulverización para desmolde
	00:03	①	Inspección de textura de producto en proceso
	00:13	①	Pulverización e inspección de producto en proceso
	01:31	⑤	Retiro del molde

	00:22	3	Desmolde de producto en proceso
	00:07	1	Transporte de producto en proceso a zona de corte
	01:53	4	Corte de producto en proceso.
	00:37	5	Lijar los extremos de Producto en proceso.
	00:06	2	Transporte de producto terminado a zona de almacenamiento.
	00:02	1	Almacenamiento de producto terminado.
Resumen	Operación	5	
	Espera	5	
	Transporte	2	
	Operación combinada	1	
	Inspección	1	
	Almacenaje	1	

Fuente: la autora, 2012.

Figura 10. Comparación de tiempos de termoformado de platón para carretillas.



Fuente. La autora, 2012.

Como se observa en la figura, los tiempos en cada una de las actividades desempeñadas por los trabajadores se logran disminuir con la estandarización de los tiempos.

Cuadro16. Tiempo de operación operario – máquina de termoformado de vasos desechables.

N°	Actividad	Operario	Máquina	Tiempo
1	Alimentación de la máquina	✓		0:00:05
2	Calentamiento de la lámina		✓	0:00:17
3	Moldeamiento de la lámina		✓	0:00:09
4	Retiro del molde.		✓	0:00:31
5	Pulverización de PP para desmolde.		✓	0:00:04
6	Desmolde de PP.		✓	0:00:30
7	Acopiamiento de la malla.		✓	0:00:31
8	Inspección de PP.	✓		0:01:33
9	Empaque de PT.	✓		0:02:42
10	Almacenamiento de PT.	✓		0:00:36
	TOTAL	0:04:51	0:02:07	0:06:58

Fuente: la autora, 2012.

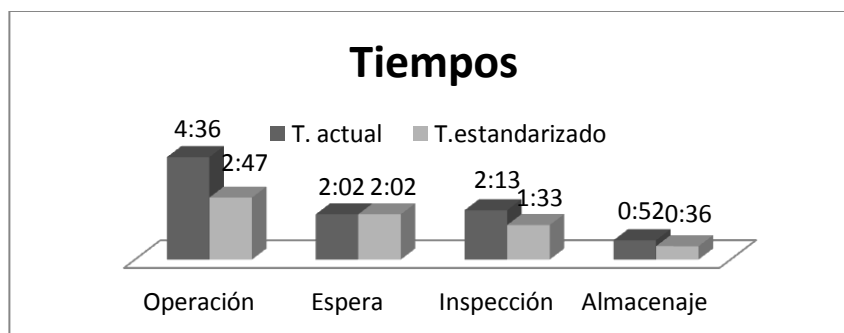
Con la información anterior se puede observar que en el proceso de termoformado de vasos desechables, el 30,3% es operación de la máquina, mientras que el 69,6% es operación del operario.

Figura 11. Diagrama de proceso de termoformado de vasos desechables.

SUJETO DE ESTUDIO: Claudina Castro Duarte			FECHA
OPERACIÓN: Termoformado de vasos desechables.			DIAGRAMA ELABORADO POR: Laura Marcela Moreno Manzano
Hoja n° 1 de 1			DEPARTAMENTO: Producción
Distancia	Tiempo/min	Símbolo	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO
	00:05	①	Colocar la lámina dentro de la máquina
	00:17	①	Calentamiento de la lámina
	00:09	②	Moldeamiento de la lámina (estiraje)
	00:31	③	Retiro del molde (subida del molde)
	00:04	④	Pulverización de PP para desmolde.
	00:30	⑤	Desmolde de PP.
	00:31	⑥	Acopiamiento de la malla
	01:31	①	Inspección de producto en proceso
	02:42	②	Empaque de producto terminado.
	00:36	▽ ₁	Almacenamiento de producto terminado.
Resumen	Operación	2	
	Espera	6	
	Transporte	0	
	Operación combinada	0	
	Inspección	1	
	Almacenaje	1	

Fuente: la autora, 2012.

Figura 12.Comparación de tiempos de termoformado de vasos desechables.



Fuente. la autora, 2012.

Caracterización del proceso de termoformado con base a los resultados del estudio de tiempos y los diagramas, determinando actores, medios tecnológicos, variables y restricciones de manufactura.

Cuadro 17.Caracterización del proceso de termoformado de Creapack Ltda.

ACTORES			MEDIOS TECNOLÓGICOS
PROVEEDORES Externos <ul style="list-style-type: none"> Vendedores al detal de plástico granulado. Internos <ul style="list-style-type: none"> Línea de laminación de la empresa. 	EMPRESA: <ul style="list-style-type: none"> Directivos. Director de producción. Jefe de planta. Termoformador. 	CLIENTES Externos: <ul style="list-style-type: none"> Industria de carretillas. Plaza España. Sociedad UPR. Demanda diaria. Internos: <ul style="list-style-type: none"> No aplica 	Maquinaria <ul style="list-style-type: none"> Termoformadoras. Cortadora sin fin. Lija industrial. Métodos productivos <ul style="list-style-type: none"> Método establecido por directivos.
VARIABLES		RESTRICCIONES DE MANUFACTURA	
Platón de carretilla. <ul style="list-style-type: none"> Temperatura (120-180°C) Presión (0,7Mpa) Grosor de la lámina (7,5 milésimas) Vasos desechables. <ul style="list-style-type: none"> Temperatura (120-180°C) Presión (0,7Mpa) Peso Grosor de la lámina (21 milésimas de pulgada). 	INSUMOS: Fijos: <ul style="list-style-type: none"> 2 termofomadoras. 1 cortada sin fin. 1 lija industrial. Variables <ul style="list-style-type: none"> Láminas de poliestireno. Mano de obra (operarios). 	<ul style="list-style-type: none"> De materiales: inexistencia de programación de flujo de producto. De capacidad. Capacidad insuficiente de recurso humano. Logísticas: inexistencia de planeación y control de la producción. 	

Fuente: la autora, 2012.

3.2. DIAGNÓSTICO DEL ÁREA PRODUCTIVA DE LA EMPRESA

Objetivo. Realizar un diagnóstico en el área productiva de la empresa identificando los procesos críticos, debilidades y falencias de manufactura.

El diagnostico se desarrolló en tres actividades principales específicas, en la primera actividad se realizaron observaciones programadas al área productiva de la empresa especificando cada línea productiva de la empresa. Como resultado de las observaciones se encontró que el área productiva de la empresa está compuesta de 6 líneas de producción contemplando la línea de termoformado, las cuales son:

- Línea de laminación: se dedica a la elaboración de láminas plásticas de poliestireno, polipropileno, ABS, polietileno de alta y baja densidad, que van desde calibre 17 hasta 360 milésimas de pulgada o 9 mm de espesor. Esta línea productiva junto con la línea de termoformado son las más lucrativas para la empresa. Dentro de la cadena de suministro la empresa actúa como proveedor en la venta de este producto, comercializando grandes cantidades de lámina. Su producto final actúa como materia prima para las demás líneas de la empresa excluyendo la línea de publicidad. Falencias: a pesar de la alta demanda que posee la línea, y la diversidad de funciones que se le da a su producto terminado, esta no posee la capacidad necesaria en cuanto a recursos humanos y maquinaria.

- Línea de construcción: se dedica a la elaboración de tejas plásticas.

Falencias: Esta línea productiva existe dentro de la configuración de la empresa pero no tiene un amplio reconocimiento en los clientes de la empresa por lo que actualmente su demanda es baja o nula.

- Línea agrícola: elaboración de bandejas para cultivos. Falencias: Esta línea productiva existe dentro de la configuración de la empresa pero no tiene un amplio reconocimiento en los clientes de la empresa por lo que actualmente su demanda

es baja.

- Línea escolar: elaboración de artículos escolares y de oficina producidos en polipropileno. esta línea genera su propio mantenimiento con una demanda media. Falencias, la venta de sus productos es generada por clientes no fijos y esporádicos por lo tanto la producción no es constante y en ocasiones se originan niveles de stock altos.
- Línea de publicidad: elaboración de impresión litográfica y serigráfica en diferentes espesores de polipropileno, poliestireno y ABS. La línea genera su propio mantenimiento. Falencias, la demanda constituye pedidos especiales de clientes no fijos por lo que se compone de una producción baja.

En base a la información recolectada en la primera actividad y las observaciones previamente efectuadas, se realizó un diagnóstico integral DOFA (debilidades, oportunidades, fortalezas, amenazas) del área productiva de la empresa plasmado en la figura 12. Determinando las variables a evaluar, basados en dichas observaciones, concretándolas de la siguiente manera:

- Fortalezas: las variables se determinaron teniendo en cuenta los factores internos de la empresa que son relevantes frente al desarrollo de la misma y a su competencia, estas son: reconocimiento de la marca, capacidad, ventaja competitiva, recursos, distribución, experiencia, ubicación geográfica, aspectos innovadores y precio.
- Debilidades: las variables se determinaron teniendo en cuenta los aspectos y factores internos que impiden el buen desarrollo y crecimiento de la empresa, estas son: estrategia basada en precios bajos, brechas en la capacidad, desventajas competitivas, reputación presencia y alcance, aspectos financieros, vulnerabilidades conocidas, escala de tiempos y fechas, motivación y compromiso, acreditaciones y certificaciones
- Oportunidades: las variables se determinaron, identificando aspectos externos a la empresa que podrían convertirse en factores positivos sabiéndolos aprovechar, Estas son: desarrollo del mercado, vulnerabilidad de los competidores, tendencias

de la industria, desarrollos tecnológicos e innovaciones, influencias globales, mercados objetivos, geografía importaciones y exportaciones, desarrollo de productos, volúmenes de producción.

- **Amenazas:** las variables se establecieron determinando situaciones negativas externas a la empresa que se podrían convertir en obstáculos para su desarrollo y crecimiento, estas son: efectos ambientales, crecimiento de los competidores, demanda del mercado, nuevas tecnologías e ideas, respaldo financiero sostenible, estándares de calidad, venta de productos sustitutos.

A continuación se analiza cada variable en la matriz DOFA, basada en la investigación previamente realizada en el área productiva de la empresa y la información suministrada por la alta gerencia.

Tabla 2. Análisis DOFA del área productiva de Creapack Ltda.

Tema del análisis: Área productiva de la empresa Creapack Ltda.	
FORTALEZAS	DEBILIDADES
<ul style="list-style-type: none"> • Reconocimiento de marca: Los productos son vendidos a clientes reductores por ende la empresa tiene reconocimiento de marca actuando en la cadena de suministros como proveedor en el sector de los plásticos en todas sus líneas excluyendo la de publicidad y la escolar. En los clientes consumidores la marca de la empresa no tiene un gran reconocimiento. • Capacidad: la empresa cuenta con una planta con disponibilidad de producción estimada en 170 toneladas de lámina y 2.500.000 unidades mensuales en producto terminado. • Ventajas competitivas: Creapack Ltda, actúa 	<ul style="list-style-type: none"> • Estrategia basada en precios bajos: el mayor incentivo de la empresa son sus precios bajos; aunque estos han logrado su propósito, se ha sacrificado la calidad de los productos por mantener esta estrategia. • Brechas en la capacidad: la mano de obra y la maquinaria es insuficiente en contraposición a la demanda de actual de todos los productos de la empresa. • Desventajas competitivas: existen empresas con un mayor desarrollo tecnológico, estándares de calidad más altos, mayor producción, mejor posicionamiento en el mercado, más recursos y activos, mayores

<p>como proveedor de grandes empresas de plástico y a la vez dentro de sus diversas líneas de producción vende unidades de producto a clientes consumidores.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Recursos: Creapack Ltda cuenta con un recurso humano de 18 personas, desempeñando 10 cargos en su sistema organizacional, en su planta física cuenta con (2) termoformadoras, (1) extrusora laminadora, (3) troqueladoras de rodillo y (1) molino con capacidad de 80 Kg/hr. • Experiencia: la empresa cuenta con 15 años de experiencia en el sector de plásticos, resaltando las líneas de termoformación y laminación como las principales. • Marketing, distribución: la empresa no distribuye su producto terminado, puesto que a los clientes se les despachan los productos en las instalaciones de la empresa. Creapack Ltda tiene su propia página web, donde se da a conocer y así mismo promociona sus productos, con ello no incurre en costos de distribución. • Aspectos innovadores: actualmente la empresa se encuentra en la creación de un nuevo producto (vasos desechables de 12 onzas). • Ubicación geográfica: la planta física de la empresa está ubicada en un sector industrial (Ricaurte), donde tiene la posibilidad de adquisición de nuevos clientes y permanencia de los antiguos. • Precio: los productos de Creapack Ltda son de calidad media-baja, pero así mismo sus precios son en promedio (bajos) en comparación con la competencia. 	<p>reservas financieras.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reputación, presencia y alcance: la empresa está en un nivel bajo-medio entre la competencia, su presencia en el mercado oscila entre un 10-12%. • Aspectos Financieros: En el presente la empresa genera para su propio sostenimiento, pero no genera las ganancias requeridas para avanzar en aspectos tecnológicos, recursos humanos, instalaciones, maquinaria, entre otros. • Vulnerabilidades propias conocidas: mano de obra escasa, estándares de calidad bajos, pocos recursos tecnológicos, métodos antiguos. • Escala de tiempo, fechas tope y presiones: como la producción es sobre pedido no existe una programación de demanda, por ello en ocasiones no se cumplen con demandas de otros clientes por déficit en maquinarias y mano de obra. • Motivación, compromiso: no existe programas descritos por la alta gerencia para generar en sus empleados motivación, compromiso por sus labores. • Acreditación, certificaciones: Creapack Ltda no tiene ningún tipo de certificación o acreditación y no existe en este momento una planeación para este tipo de procesos.
--	--

OPORTUNIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo del mercado: Creapack Ltda cuenta con 6 diferentes líneas productivas, generando impacto en diferentes mercado y siempre está a la expectativa de oportunidades para nuevos productos en nuevos mercados. • Vulnerabilidades de los competidores: en algunos casos la competencia tiene poca experiencia o maneja entre 1 a 3 líneas productivas generando menor impacto en el mercado con respecto a Creapack Ltda. • Tendencias de la industria: el sector de plásticos en el último año ha registrado un crecimiento del 7% en nuestro país además de las nuevas tendencias que llevan a reemplazar productos fabricados en otros materiales, por el plástico que es más económicos. • Desarrollos tecnológicos e innovaciones: el sector de los plásticos esta en constate innovación y desarrollo tecnológico por la materia prima económica, asimismo los desarrollos están también encaminados a la mitigación del impacto negativo que generan los plásticos al ambiente. • Influencias globales: con los TLC la empresa ha tenido la oportunidad de comenzar a gestionar procesos para la exportación de sus productos. • Mercado objetivo: ventas al por mayor y ventas al menudeo a clientes esporádicos. • Exportación, importación: La empresa está en el proceso de lograr exportar sus productos. • Desarrollo de productos: se están desarrollando 2 nuevos productos que son tejas plásticas y vasos desechables de 12 onzas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Efectos ambientales: El impacto que generan los productos plásticos en el ambiente es una problemática que se está comenzando a mitigar a nivel global y Creapack Ltda como productora de plástico es responsable de involucrarse en el proceso de mitigación, actualmente la empresa no contempla este tópico. • Crecimiento de los competidores: Los competidores al igual que la empresa está en constante crecimiento y desarrollo por lo cual son obstáculo presente. • Demanda del mercado: La demanda es muy variable en Creapack Ltda puesto que la producción es sobre pedido sin volúmenes de producción fijos. • Nuevas tecnologías, servicios, ideas: La empresa no tiene suficiente respaldo financiero para obtener beneficios de las nuevas tecnologías, ideas, entre otros. • Respaldo financiero sostenible: La empresa produce para su sostenimiento y ganancias moderadas, por ello no tiene un respaldo financiero fuerte. • Estándares de calidad: mundialmente la calidad es una temática de mucha importancia y que genera valor agregado en los productos, la empresa no maneja un estándar de calidad alto, por lo tanto es un obstáculo para su crecimiento. • Venta de productos sustitutos: algunos productos de las líneas de manufactura de la empresa, se ven afectados por la venta de productos que suplen la misma necesidad.

<ul style="list-style-type: none"> • Volúmenes, producción: la demanda no está establecida, aunque las ventas son al por mayor los volúmenes son grandes, (según pedido). 	<ul style="list-style-type: none"> • Condiciones cambiantes del mercado: son consideradas potenciales amenazas. • Condiciones de seguridad: la empresa no maneja estándares de seguridad industrial, y es una temática de importancia mundial.
---	--

Fuente: la autora, 2012.

A cada variable del análisis DOFA se le asignó una puntuación según la valoración y relevancia que tiene para la empresa, tomando valores de uno (1) a cinco(5), siendo uno (1)el de menor importancia y cinco (5) el de mayor importancia, presentes a continuación.

Cuadro 18. Asignación de puntos de las variables.

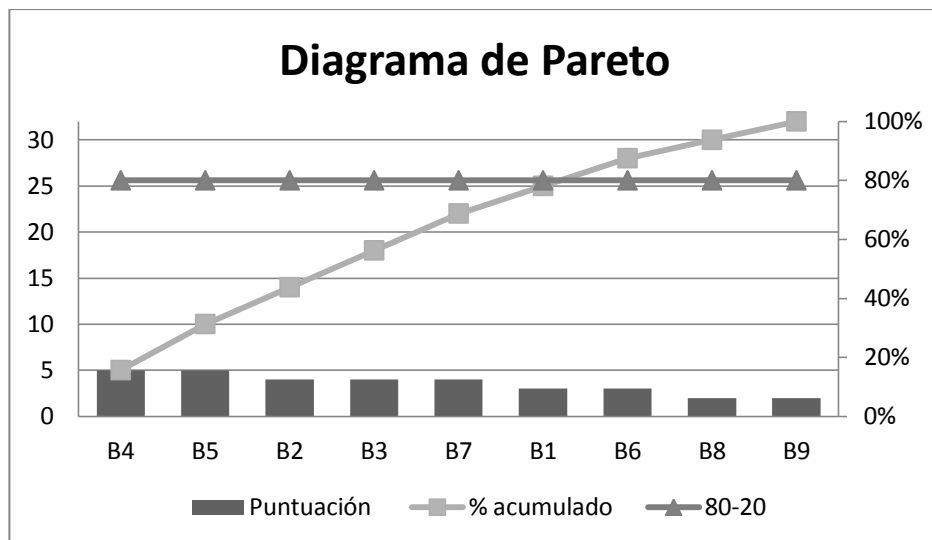
N°	Fortalezas	Puntos	N°	Debilidades	Puntos
A2	Capacidad	5	B4	Reputación, Presencia, Alcance	5
A3	Ventajas Competitivas	5	B5	Aspectos Financieros	5
A1	Reconocimiento de la marca	4	B2	Brechas en la Capacidad	4
A4	Recursos	4	B3	Desventajas Competitivas	4
A5	Experiencia	4	B7	Escala de tiempos, Fechas	4
A9	Precio	4	B1	Estrategia de precios bajos	3
A8	Ubicación Geográfica	3	B6	Vulnerabilidades Propias	3
A6	Marketing, Distribución	2	B8	Motivación, Compromiso	2
A7	Aspectos Innovadores	2	B9	Acreditación y Certificaciones	2
N°	Oportunidades	Puntos	N°	Amenazas	Puntos
C1	Desarrollo del mercado	5	D5	Respaldo financiero sostenible	5
C2	Volúmenes, Producción	5	D2	Crecimiento de los competidores	4
C3	Tendencias de la Industria	4	D3	Demanda del Mercado	4
C4	Mercado Objetivo	4	D4	Nuevas tecnologías e ideas,	4
C5	Exportación, Importación	4	D6	Estándares de calidad	4
C6	Desarrollo de Productos	4	D1	Efectos Ambientales	3
C7	Vulnerabilidad de la competencia	3	D7	Venta de productos sustitutos	3
C8	Desarrollo Tecnológico e I+D	3	D8	Entornos cambiantes del mercado	3
C9	Influencias Globales	3	D9	Condiciones de seguridad.	2

Fuente. La autora, 2012.

Teniendo en cuenta las puntuaciones, se establecieron estrategias basados en las variables de mayor puntaje que se encuentren en el rango entre cuatro (4) y cinco (5),

- **Fortalezas:** las variables (A2, A3, A1, A4 y A5), se establecen como prioridad en la empresa, tratando siempre de mantener y/o elevar su desempeño, las demás variables son tenidas en cuenta para futuras mejoras internas.
- **Debilidades:** las variables (B4, B5, B2, B3, y B7), son las principales mejoras que la empresa desea realizar, ya sea con su eliminación o mitigación, y son aquellas en las que se fijaran las estrategias de mejoramiento del proyecto.
- **Oportunidades:** las variables (C1, C2, C3, C4, C5 y C6), se toman en la empresa como las futuras fortalezas de la empresa en las cuales se desarrollarán a largo plazo.
- **Amenazas:** las variables (D5, D2, D3, D4 y D6) son temáticas que serán tenidas en cuenta para no incurrir en ellas buscándoles soluciones viables a largo plazo.

Figura 13. Diagrama de Pareto de debilidades.



Fuente. La autora, 2012.

Tercera actividad. Teniendo en cuenta los resultados de las 2 actividades anteriores, se realizó un diagnostico específico (dinámico estratégico), con los aspectos de cada línea productiva de la empresa. Presentado en la tabla 16.

Cuadro 19. Diagnostico dinámico estratégico.

FRENOS (presente)	ASPECTOS	ACELERADORES (futuro)
<ul style="list-style-type: none"> • La competencia directa de la empresa, referencia (tabla 3. Principales empresas de plásticos Colombianas). • La calidad de los productos de la línea. • La marketing de los productos de cada una de las líneas. 	Posicionamiento.	<ul style="list-style-type: none"> • Generar estrategias de recordación de la empresa y sus productos en los clientes actuales y en clientes potenciales. • Captación de nuevos clientes.
<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad productiva subutilizada. • Capital humano insuficiente. • Recursos económicos insuficientes. • Bajos recursos tecnológicos. 	Capacidad de crecimiento en el mercado.	<ul style="list-style-type: none"> • Captación de nuevos clientes. • Utilización de todas las líneas productivas. • Contratación o capacitación de capital humano. • Aumento de la utilidad. • Evolución tecnológica.
<ul style="list-style-type: none"> • Bajos recursos tecnológicos. • Pocos recursos económicos. 	Evolución tecnológica.	<ul style="list-style-type: none"> • Generación de mayores utilidades. • Cambios por parte de la dirección.
<ul style="list-style-type: none"> • Poco capital humano y bajo nivel de educación de los mismos. • Pocos recursos económicos. 	Capital humano.	<ul style="list-style-type: none"> • Capacitaciones o contratación de nuevo personal. • Aumento de la producción.
<ul style="list-style-type: none"> • No se utilizan todas las líneas productivas de la empresa, 	Productos.	<ul style="list-style-type: none"> • Utilización de todas las líneas productivas de la

(capacidad subutilizada). • No existe un departamento o área de investigación y desarrollo de nuevos productos o mejora de los actuales.		empresa. • Creación de un departamento de I+D.
• Baja calidad de los productos. • No existe programas para mejorar la calidad de los productos. • La empresa no tiene certificaciones, ni procesos de certificación en calidad.	Calidad.	• Mejorar el proceso de control de calidad de los productos. • Propender por la calidad de los productos. • Estudiar opciones de certificaciones de calidad.

Fuente: la autora, 2012.

Con los diagnósticos elaborados, se identificaron las falencias y debilidades de cada línea productiva estableciendo un panorama general de la empresa, al mismo tiempo se profundizó en la línea de termoformación (para efectos del estudio lo más importante), en los procesos críticos y aspectos a corregir.

Cuadro 20. Procesos críticos, debilidades y falencias.

Líneas productivas	Procesos críticos	falencias y debilidades
Línea de termoformado	<ul style="list-style-type: none"> • Control de calidad. • Actividades cuello de botella. 	<ul style="list-style-type: none"> • Bajo desarrollo tecnológico. • Incumplimiento de la demanda. • Inexistencia de planeación de producción. • Baja calidad.
Línea de laminado	<ul style="list-style-type: none"> • No aplica. 	<ul style="list-style-type: none"> • Inexistencia de planeación de producción. • Capital humano insuficiente.
Línea escolar	<ul style="list-style-type: none"> • No aplica. 	<ul style="list-style-type: none"> • Demanda intermitente • Niveles de stock altos.

Línea de publicidad	<ul style="list-style-type: none"> • No aplica. 	<ul style="list-style-type: none"> • Demanda baja • Producción baja-nula.
Línea de construcción	<ul style="list-style-type: none"> • No aplica. 	<ul style="list-style-type: none"> • Demanda baja • Producción baja-nula.
Línea agrícola	<ul style="list-style-type: none"> • No aplica. 	<ul style="list-style-type: none"> • Demanda baja- nula. • Producto nuevo con poca intervención de la dirección en su desarrollo.

Fuente: La autora, 2012.

3.3. ESTUDIO DE TIEMPOS DE LOS PROCESOS CRÍTICOS

Objetivo. Realizar un estudio de tiempos y movimientos en los procesos críticos identificando las oportunidades de mejora de las líneas.

Los procesos críticos de igual manera que los procesos de termoformación no son factibles para un estudio de movimientos por el tipo de tareas realizadas y su ejecución. Por ello se continuó con la realización del estudio de tiempos.

Los procesos críticos factibles al estudio de tiempos realizado a continuación, son procesos ejecutados en la elaboración de productos de la línea de termoformado, la cual es el objeto de estudio del proyecto. Por tal razón las falencias y debilidades de las demás líneas fueron investigadas con el propósito de obtener un conocimiento general de la empresa y así generar soluciones objetivas en la línea de termoformación teniendo en cuenta el panorama total de Creapack Ltda. El estudio de tiempos fue llevado a cabo en tres grandes actividades, la primera actividad desarrollada fue la programación de la visitas a la empresa para la realización del estudio de tiempos, determinando horarios específicos según las

actividades normales de la empresa. Seguidamente como segunda actividad se establecieron los formatos para el estudio de tiempos, acordes a los estudios de tiempos previamente realizados.

Los procesos críticos a los cuales se les realizó el estudio de tiempo son, el control de calidad y el desmolde del producto en proceso de la fabricación de platón para carretilla y el control de calidad y el empaque del proceso de fabricación de los vasos desechables, según estos procesos se establecieron los formatos del estudio de tiempo teniendo en cuenta los formatos ya establecidos en el estudio de tiempo realizado a la línea de termoformado desarrollado en el primer objetivo.

- Procesos críticos de la termoformación de platón de carretilla.

Cuadro21.Estudio de tiempos del control de calidad.

Hoja de observaciones 1 de 1												
Operación: control de calidad del platón de carretilla				Observador: Laura Marcela Moreno Manzano								
Operador: José				Condiciones: con experiencia								
Máquina				Fecha								
ELEMENTO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ste
1. Inspección de textura de PP.	E	00:04	00:04	00:03	00:05	00:05	00:04	00:04	00:05	00:06	00:04	00:04
	C	00:04	00:04	00:03	00:05	00:05	00:04	00:04	00:05	00:06	00:04	
2. Inspección y pulverización de PP.	E	00:17	00:17	00:19	00:18	00:15	00:17	00:19	00:16	00:15	00:17	00:17
	C	00:21	00:21	00:22	00:23	00:20	00:21	00:23	00:21	00:21	00:21	

Fuente: La autora, 2012.

Cuadro 22.Estudio de tiempo de desmolde de producto en proceso.

Hoja de observaciones 1 de 2												
Operación: desmolde de PP del platón de carretilla				Observador: Laura Marcela Moreno Manzano								
Operador: José				Condiciones: con experiencia								
Máquina: Termoformadora				Fecha								
ELEMENTO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ste
1. Quitar seguro.	E	00:03	00:02	00:03	00:02	00:02	00:03	00:04	00:03	00:03	00:04	00:03
	C	00:03	00:02	00:03	00:02	00:02	00:03	00:04	00:03	00:03	00:04	
2. Desmolde de parte delantera de PP con palanca.	E	00:23	00:25	00:26	00:22	00:26	00:20	00:19	00:27	00:25	00:24	00:24
	C	00:26	00:27	00:29	00:24	00:28	00:23	00:23	00:30	00:28	00:28	
3. El operario se sube a la máquina.	E	00:07	00:08	00:09	00:09	00:07	00:07	00:08	00:07	00:06	00:08	00:08
	C	00:32	00:35	00:38	00:33	00:35	00:30	00:31	00:37	00:34	00:36	
4. Desmolde de PP.	E	00:15	00:17	00:14	00:13	00:18	00:14	00:14	00:15	00:17	00:16	00:15
	C	00:47	00:52	00:52	00:46	00:53	00:44	00:45	00:52	00:51	00:52	

Fuente: La autora, 2012.

Para la validación delos estudio de tiempos, (control de calidad y desmolde de producto en proceso del platón de carretilla), se aplicó la fórmula de error estándar referida en la figura 8, determinando el número de ciclos observados que generen una precisión dentro del $\pm 5\%$ con un nivel de confianza del 95% a los datos. Se obtuvo como resultado que el número de ciclos necesarios a observar son 10 y 18 respectivamente, por lo tanto, las observaciones realizadas son suficientes para el estudio de control de calidad pero para el estudio de desmolde de

PP se deben realizar 8 observaciones más.

Las 8 observaciones faltantes fueron realizadas en el horario establecido en las primeras 10 observaciones para obtener uniformidad en el estudio presentes a continuación.

Cuadro 23. Estudio de tiempos de desmolde de producto en proceso.

Hoja de observaciones 2 de 2										
Operación: Desmolde de PP de platón de carretilla.						Observador: Laura Marcela Moreno Manzano				
Operador: José						Condiciones: con experiencia				
Máquina: Termoformadora						Fecha:				
ELEMENTO		1	2	3	4	5	6	7	8	Ste
1. Quitar seguro.	E	00:02	00:02	00:02	00:03	00:03	00:02	00:03	00:04	00:03
	C	00:02	00:02	00:02	00:03	00:03	00:02	00:03	00:04	
2. Desmolde de parte delantera de PP con palanca.	E	00:25	00:27	00:25	00:23	00:21	00:24	00:21	00:26	00:24
	C	00:27	00:29	00:27	00:26	00:24	00:26	00:24	00:30	
3. El operario se sube a la máquina.	E	00:07	00:07	00:07	00:08	00:09	00:08	00:07	00:09	00:08
	C	00:34	00:36	00:34	00:34	00:33	00:34	00:31	00:39	
4. Desmolde de PP.	E	00:13	00:13	00:16	00:17	00:14	00:14	00:15	00:18	00:15
	C	00:47	00:49	00:50	00:51	00:47	00:48	00:46	00:57	

Fuente: La autora, 2012.

Con el estudio de tiempos completos se determinó el tiempo normal y el tiempo estándar de los procesos críticos de la termoformación de platón para carretilla.

- Tiempo normal: TN, el ritmo asignado a cada actividad fue determinado utilizando el procedimiento estipulado en los estudios de tiempos elaborados a línea de termoformado presentes en el primer objetivo.

Cuadro 24. Tiempo normal del control de calidad.

Actividad	Tiempo. Seleccionado (STt)	% de calificación	TN
1. Inspección de textura de PP.	00:04	75%	00:03
2. Inspección y pulverización de PP.	00:17	75%	00:13
Total	00:21		00:16

Fuente: La autora, 2012.

Cuadro 25. Tiempo normal de desmolde de producto en proceso.

Actividad	Tiempo. Seleccionado (STt)	% de calificación	TN
1. Quitar seguro.	00:03	90%	00:03
2. Desmolde de parte delantera de PP con palanca.	00:24	55%	00:13
3. El operario se sube a la máquina.	00:08	75%	00:06
4. Desmolde de PP.	00:15	75%	00:11
Total	00:50		00:36

Fuente: La autora, 2012.

- Tiempo estándar: (TE), dentro de la ejecución del primer objetivo se determinó el tiempo estándar de todo el proceso de termoformación de plátanos para carretilla, en el cual están incluidos los procesos críticos descritos anteriormente, por tal razón no es justificable la valoración nueva de (TE), teniendo en cuenta el comparativo de los tiempos del proceso completo y de los tiempos de los procesos críticos.
- Proceso de termoformación de vasos desechables.

Cuadro 26. Estudio de tiempos del control de calidad.

Hoja de observaciones 1 de 2												
Operación: control de calidad					Observador: Laura Marcela Moreno Manzano							
Operador: Ángela					Condiciones: con experiencia							
Máquina: Termoformadora					Fecha							
ELEMENTO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ste
1. verificación de textura y forma de PP.	E	00:08	00:07	00:07	00:06	00:06	00:08	00:06	00:07	00:07	00:06	00:07
	C	00:08	00:07	00:07	00:06	00:06	00:08	00:06	00:07	00:07	00:06	
2. corte de imperfecciones de PP.	E	01:40	01:43	01:42	01:42	01:40	01:41	01:43	01:42	01:45	01:42	01:42
	C	01:48	01:50	01:49	01:48	01:46	01:49	01:49	01:49	01:52	01:48	
3. Pesaje de PP.	E	00:12	00:15	00:14	00:13	00:13	00:12	00:14	00:14	00:12	00:11	00:13
	C	02:00	02:05	02:03	02:01	01:59	02:01	02:03	02:03	02:04	01:59	
4. Transporte de PT a zona de empaque.	E	00:09	00:09	00:10	00:08	00:09	00:07	00:08	00:10	00:09	00:11	00:09
	C	02:08	02:14	02:13	02:09	02:08	02:07	02:10	02:13	02:13	02:10	

Fuente: La autora, 2012.

Cuadro 27. Estudio de tiempos del empaque de producto terminado.

Hoja de observaciones 1 de 2												
Operación: Empaque de PT.						Observador: Laura Marcela Moreno Manzano						
Operador: Carlos						Condiciones: con experiencia						
Máquina: Termoformadora						Fecha						
ELEMENTO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ste
1. Toma de PT por unidad.	E	00:01	00:02	00:01	00:02	00:02	00:01	00:01	00:01	00:01	00:02	00:01
	C	00:01	00:02	00:01	00:02	00:02	00:01	00:01	00:01	00:01	00:02	
2. Acopio de 50 unidades de PT. (1 paquete)	E	02:28	02:25	02:27	02:26	02:26	02:27	02:24	02:27	02:25	02:24	02:26
	C	02:29	02:27	02:28	02:28	02:28	02:28	02:25	02:28	02:26	02:26	
3. Empaque por paquete de 25 unidades.	E	02:00	01:58	01:59	01:57	01:58	01:57	02:01	01:58	01:56	01:59	01:58
	C	04:29	04:25	04:27	04:25	04:26	04:25	04:26	04:26	04:22	04:25	
4. Transporte de PT a zona de almacenamiento.	E	00:06	00:05	00:05	00:06	00:07	00:04	00:04	00:05	00:05	00:06	00:05
	C	04:35	04:30	04:32	04:31	04:32	04:29	04:30	04:31	04:27	04:31	

Fuente: La autora, 2012.

Para la validación de los estudio de tiempos, (control de calidad y empaque de la fabricación de vasos desechables), se aplicó la fórmula de error estándar referida en la figura 8, determinando el número de ciclos observados que generen una precisión dentro del $\pm 5\%$ con un nivel de confianza del 95% a los datos. Se obtuvo como resultado que el número de ciclos necesarios a observar son 18 y 17 respectivamente, por lo tanto, para el control de calidad deben realizarse 8 observaciones más y para el estudio de empaque se deben realizar 7 observaciones más.

Las observaciones necesarias respectivas se presentan a continuación.

Cuadro 28. Estudio de tiempo de control de calidad 2.

Hoja de observaciones 2 de 2.				Máquina: Termoformadora						
Operación: control de calidad.				Observador: Laura Marcela Moreno Manzano						
Operador: Ángela				Condiciones: con experiencia.						
ELEMENTO		1	2	3	4	5	6	7	8	Ste
1. verificación de textura y forma de PP.	E	00:08	00:08	00:08	00:07	00:07	00:06	00:06	00:07	00:07
	C	00:08	00:08	00:08	00:07	00:07	00:06	00:06	00:07	
2. corte de imperfecciones de PP.	E	01:42	01:42	01:41	01:41	01:43	01:42	01:43	01:43	01:42
	C	01:50	01:50	01:49	01:49	01:50	01:48	01:49	01:50	
3. Pesaje de PP.	E	00:13	00:13	00:12	00:14	00:14	00:13	00:15	00:15	00:13
	C	02:03	02:03	02:01	02:03	02:04	02:01	02:04	02:05	
4. Transporte de PT a zona de empaque.	E	00:10	00:08	00:11	00:09	00:08	00:09	00:07	00:09	00:09
	C	02:13	02:11	02:12	02:12	02:12	02:10	02:11	02:14	

Fuente: La autora, 2012.

Cuadro 29. Estudio de tiempos del empaque de producto terminado 2.

Hoja de observaciones 2 de 2.				Máquina: Termoformadora					
Operación: Empaque de PT.				Observador: Laura Marcela Moreno Manzano					
Operador: Carlos				Condiciones: con experiencia.					
ELEMENTO		1	2	3	4	5	6	7	Ste
1. Toma de PT por unidad.	E	00:01	00:01	00:02	00:01	00:02	00:02	00:02	00:01
	C	00:01	00:01	00:02	00:01	00:02	00:02	00:02	
2. Acopio de 50 unidades de PT. (1 paquete)	E	02:25	02:27	02:27	02:24	02:24	02:26	02:27	02:26
	C	02:26	02:28	02:29	02:25	02:26	02:28	02:29	
3. Empaque por paquete de 25 unidades.	E	02:02	01:57	01:57	01:58	01:59	01:58	02:00	01:59
	C	04:28	04:25	04:26	04:23	04:25	04:26	04:29	
4. Transporte de PT a zona de almacenamiento.	E	00:06	00:06	00:05	00:07	00:05	00:05	00:04	00:05
	C	04:34	04:31	04:31	04:30	04:30	04:31	04:33	

Fuente: La autora, 2012.

- Tiempo normal: (TN)

Cuadro 30. Tiempo normal del control de calidad.

Actividad	Tiempo. Seleccionado (STt)	% de calificación	TN
1. verificación de textura y forma de PP.	00:07	80%	00:06
2. corte de imperfecciones de PP.	01:42	75%	01:16
3. Pesaje de PP.	00:13	75%	00:10
4. Transporte de PT a zona de empaque.	00:09	90%	00:08
Total	02:11		01:40

Fuente: La autora, 2012.

Cuadro 31. Tiempo normal de empaque de PT

Actividad	Tiempo. Seleccionado (STt)	% de calificación	TN
1. Toma de PT por unidad.	00:01	90%	00:01
2. Acopio de 50 unidades de PT. (1 paquete)	02:26	55%	01:20
3. Empaque por paquete de 25 unidades.	01:59	75%	01:29
4. Transporte de PT a zona de almacenamiento.	00:05	90%	00:05
Total	04:31		02:55

Fuente: La autora, 2012.

- Tiempo estándar: (TE), dentro de la ejecución del primer objetivo se determinó el tiempo estándar de todo el proceso de termoformación de platones para carretilla, en el cual están incluidos los procesos críticos descritos anteriormente, por tal razón no es justificable la valoración nueva de (TE), teniendo en cuenta el comparativo de los tiempos del proceso completo y de los tiempos de los procesos críticos.

3.4. DETERMINACIÓN DE LAS ESTRATEGIAS INGENIERILES

Objetivo. Determinar las estrategias y técnicas de ingeniería que contribuyan al desarrollo y solución de los problemas identificados.

Para el desarrollo óptimo de este objetivo, se llevó a cabo una profunda investigación de herramientas ingenieriles dando como resultado la obtención de estrategias y técnicas dúciles a las características específicas de la empresa, que genere contribuciones al desarrollo y solución de las problemáticas determinadas en los objetivos anteriores.

- Bajo desarrollo tecnológico. Como se estipuló anteriormente, el desarrollo tecnológico de la empresa es bajo debido a su rendimiento económico actual, por lo tanto se buscó la manera de ser eficientes con la maquinaria disponible y obtener mejores resultados generando ganancias que a largo plazo puedan contribuir a la adquisición de nuevas tecnologías en la empresa.

Con los estudios de tiempos efectuados a la línea de termoformado, se identificaron mejoras a los métodos actuales utilizados en la fabricación de platones para carretilla y vasos desechables descritos a continuación.

Refiriéndose al tiempo normal determinado para la realización de los procesos de termoformado se apreció que el factor de calificación de los operarios se encuentra en un rango de 45 – 90 (%), denotando que la experticia del personal de la empresa es un aspecto a mejorar. Como solución a este aspecto se plantea a las directivas la capacitación del personal y el establecimiento de puestos de trabajo según la habilidad y conocimiento de cada operario, con esto lograr la disminución del tiempo de operación de cada proceso estipulado en (cuadro 8. Tiempo normal de platones para carretilla y cuadro 12. Tiempo normal de vasos desechables), específicamente para el proceso de termoformado de platones de carretilla agregando la reducción de tiempo obtenida en los procesos críticos (cuadros 24-25) se obtiene una reducción total de 1 minuto y 55 segundos generando 227 unidades anuales adicionales a la producción actual.

En el proceso de termoformado de vasos desechables se logra una reducción del tiempo de operación (incluyendo los procesos críticos tablas 30-31) de 4 minutos 53 segundos generando 3780 unidades (1 paquete) anuales adicionales a la producción actual.

- Niveles de educación del personal. Según los resultados arrojados por el estudio de tiempos, la actuación del operario en los procesos de termoformación se encuentra en un intervalo medio, para mejorar el método actual de procesamiento se propone la capacitación de los operarios de las termoformadoras por parte del jefe de planta a quien se le expondrían las mejoras, el costo de la capacitación se presenta a continuación.

Figura 14. Formula costo de capacitación.

Costo de capacitación = [(# de horas de capacitación) X (Costo hora/hombre) X (N° de personas necesarias para la capacitación) + (Costo capacitación jefe de planta X # de horas invertidas)]

Fuente. Crecenegocios.com

Aplicando la formula anterior, el costo total de capacitación es de \$ 141.328.

Las capacitaciones serian expuestas por el jefe de planta, a los operarios de las maquinas termoformadoras, en un periodo de 3 días con una intensidad horaria de 1 hora/día. El tiempo requerido para la capacitación del jefe de planta es de 8 horas.

- Inexistencia de planeación de producción. La empresa maneja las ventas de sus productos sin planear la producción mensual lo que ocasiona incumplimiento en la demanda y por ende pérdida de clientes o lo contrario sobreproducción que genera altos márgenes de stock, lo que de cualquier manera está produciendo perdidas económicas a la empresa, para contribuir con la solución de esta problemática se plantea el desarrollo de un plan de producción a mediano plazo (planeación agregada). Para la planeación agregada se generaron cuatro diferentes métodos buscando así el óptimo en cuanto a mínimos costos y acoplamiento a las características propias de la empresa.

En primera instancia se especifica la demanda en el horizonte de tiempo (6 meses) cuadro 32, seguidamente se especifican las variables necesarias para el desarrollo de la planeación agregada (capacidad y costos).

Cuadro 32. Demanda mensual de la línea de termoformado.

Mes	Días Laborales	Demanda 1	Demanda 2	Demanda agregada
Enero	21	980	1350	2330
Febrero	20	1000	1200	2200
Marzo	21	780	1150	1930
Abril	21	950	1300	2250
Mayo	22	720	1130	1850
Junio	20	830	1160	1990
Total	129	5260	7290	12550

Fuente: Creapack Ltda, información propia.

La demanda 1 hace referencia a la demanda de los platones para carretilla y la demanda 2 hace referencia a la demanda de los vasos desechables.

- Capacidad de la empresa actual: la empresa cuenta con 6 operarios de los cuales 5 trabajan en la fabricación de vasos desechables y 1 en la fabricación de platones de carretilla, en una jornada laboral de 8 horas diarias. Cuenta con 1 termoformadora de vasos desechables y 1 termoformadora de platones de carretilla, la producción diaria de vasos desechables es de 40 unidades (1unid = 1 paquete de 25 vasos) en un tiempo estándar de 0,18 horas-hombre, la producción diaria de platones de carretilla es de 16 unidades diarias en un tiempo estándar de 0,44 horas-hombre.
- Costos de la empresa: salario ordinario es de 5.435 pesos/ hora, costo de contratar es de 6.979 pesos, costo de despido 7.821 pesos, costo de almacenamiento es de 226 pesos/unidad y el costo de orden atrasada es de 679,38 pesos/unidad.

Planeación agregada método 1. Inventario cero. Para el desarrollo del plan, la unidad para agregar son los productos por unidad de los dos procesos de termoformación, determinando así el número de unidades producidas anualmente de la demanda agregada, la fórmula utilizada se presenta a continuación. Los datos utilizados en la formula son de un periodo anterior.

Figura 15. Unidades producidas por trabajador de la línea de termoformación

$$\frac{\text{Demanda/anual}}{(\text{Días trabajados/año}) * (\# \text{de trabajadores/año})} \quad [1]$$

Fuente. SIPPER Daniel, planeación y control de la producción.

Con la información suministrada por la empresa se obtiene como resultado de la fórmula que las unidades producidas por trabajador son 9 unidades/día–trabajador.

El plan de inventario cero produce la cantidad exacta demandada generando una fuerza de trabajo variable hallada con la siguiente formula.

Figura 16. Trabajadores necesarios inventario cero

$$\text{Trabajadores necesarios} = \frac{\text{demanda/mes}}{(\text{dias/mes}) * (\text{und.trabajador/dia})} \quad [2]$$

Fuente. SIPPER Daniel, planeación y control de la producción.

En la siguiente tabla se encuentra el desarrollo del método inventario cero desarrollado con la información suministrada por Creapack Ltda.

Cuadro 33. Método de inventario cero.

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Total
Días	21	20	21	21	22	20	125
Und/ trab.	189	180	189	189	198	180	1125
Demanda	2330	2200	1930	2250	1850	1990	12550
T. necesarios	12	12	10	12	9	11	67
T. disponibles	6	6	6	6	6	6	36
T. contratados	6	6	4	6	3	5	31
Costo de contratación	\$41.871,2	\$41.871,2	\$27.914,1	\$41.871,2	\$20.935,6	\$34.892,7	\$209.356,2
T. despedidos	0	0	0	0	0	0	0
Costo de despido	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
T. empleados	12	12	10	12	9	11	67
Costo de mano de obra	\$10.956.960	\$10.435.200	\$9.130.800	\$10.956.960	\$8.609.040	\$11.957.000	\$62.045.960
Unidades producidas	2330	2200	1930	2250	1850	1990	12550
Inventario neto	0	0	0	0	0	0	0
Costo de almacenaje	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Costos de ord.							
Atrasadas	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Costo total	\$10.998.831	\$10.477.071	\$9.158.714	\$10.998.831	\$8.629.975	\$11.991.892	\$62.255.316

Fuente. La autora, 2012.

El método inventario cero genera un costo total de 62.255.316 pesos

Planeación agregada método 2. Fuerza de trabajo nivelada. Consiste en utilizar el mismo número de trabajadores para todos los periodos supliendo la demanda de periodos pico con los periodos no pico, el desarrollo del método se genera a partir de la información suministrada por la empresa .Se determinan la fuerza laboral con la siguiente formula.

Figura 17.Trabajadores necesarios, fuerza de trabajo nivelada

$$\text{Trabajadores necesarios} = \frac{\text{demanda total}}{(\text{dias totales}) * (\text{unid.trab/dia})} \quad [3]$$

Fuente. SIPPER Daniel, planeación y control de la producción.

En la siguiente tabla se encuentra el desarrollo del método fuerza de trabajo nivelada.

Cuadro 34. Método fuerza de trabajo nivelada.

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Total
Días	21	20	21	21	22	20	125
Und/ trab.	189	180	189	189	198	180	1125
Demanda	2330	2200	1930	2250	1850	1990	12550
T. necesarios	12	12	12	12	12	12	72
T. disponibles	6	6	6	6	6	6	36
T. contratados	6	6	6	6	6	6	36
Costo de contratación	\$ 41.871,24	\$ 41.871,24	\$41.871,24	\$41.871,24	\$41.871,24	\$41.871,24	\$251.227,44

T. despedidos	0	0	0	0	0	0	0
Costo de despedido	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
T. empleados	12	12	12	12	12	12	72
Costo de mano de obra	\$10.956.960	\$10.435.200	\$10.956.960	\$10.956.960	\$11.478.720	\$10.435.200	\$65.220.000
Unidades producidas	2268	2160	2268	2268	2376	2160	13500
Inventario neto	-62	-102	236	254	780	950	950
Costo de almacenaje	\$ 0	\$ 0	\$53.444	\$57.520,42	\$176.637,50	\$215.135,42	\$502.737,50
Costos de ord. Atrasadas	\$42.121,25	\$69.296,25	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$111.417,50
Costo total	\$11.033.973	\$10.539.388	\$11.045.296	\$11.049.373	\$11.690.250	\$10.685.228	\$66.085.382

Fuente. La autora, 2012.

El método fuerza de trabajo nivelada genera un costo total de 66.043.511 pesos.

Planeación agregada método 3. Producción constante sin faltantes. El método es desarrollado con la información propia de Creapack Ltda, el método calcula los trabajadores necesarios para cubrir la demanda existente, teniendo en cuenta la demanda acumulada de todo el horizonte de producción, la fórmula utilizada es la siguiente.

Figura 18. Trabajadores necesarios. Método producción constante sin faltantes.

$$\text{Trabajadores (acumulado)} = \frac{\text{demanda acumulada}}{(\text{días acumulados}) * (\text{und.trabajador/día})} \quad [4]$$

Fuente. SIPPER Daniel, planeación y control de la producción.

En la siguiente tabla se encuentra el desarrollo del método producción constante sin faltantes.

Cuadro 35. Método producción constante sin faltantes.

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Total
Días	21	20	21	21	22	20	125
Und/ trab.	189	180	189	189	198	180	1125
Demanda	2330	2200	1930	2250	1850	1990	12550
T. necesarios	12	12	12	12	11	11	70
T. disponibles	6	6	6	6	6	6	36

T. contratados	6	6	6	6	5	5	34
Costo de contratación	\$41.871,24	\$41.871,24	\$41.871,24	\$41.871,24	\$34.892,70	\$34.892,70	\$237.270,36
T. despedidos	0	0	0	0	0	0	0
Costo de despido	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
T. empleados	12	12	12	12	11	11	70
Costo de mano de obra	\$10.956.960	\$10.435.200	\$10.956.960	\$10.956.960	\$10.522.160	\$9.565.600	\$63.393.840
Unidades producidas	2330	2210	2188	2204	2213	2008	13152
Inventario neto	0	10	268	222	584	602	602
Costo de almacenaje	\$ 0	\$2.264,58	\$60.690,83	\$50.273,75	\$132.251,67	\$136.327,92	\$381.808,75
Costos de ord. Atrasadas	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$31.251,25	\$ 0	\$ 0	\$31.251,25
Costo total	\$10.998.831	\$10.479.335	\$11.059.522	\$11.080.356	\$10.689.304	\$9.736.820	\$64.044.170

Fuente. La autora, 2012.

El método producción constante sin faltantes genera un costo total de 64.044.270 pesos.

Plan agregado método 4. Plan mixto. El método es desarrollado con la información suministrada por la empresa, el método elabora una estimación de los trabajadores necesarios de los métodos 1 y 2, la fórmula utilizada es la siguiente.

Figura 19.Trabajadores necesarios, plan mixto.

$$\text{Trabajadores necesarios} = \frac{(T.nec\ metodo\ 1 + T.nec\ metodo\ 2)/mes}{2} \quad [5]$$

Fuente. SIPPER Daniel, planeación y control de la producción.

El desarrollo del plan mixto se especifica en la siguiente tabla.

Cuadro 36.Método de plan mixto.

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Total
Días	21	20	21	21	22	20	125
Und/ trab.	189	180	189	189	198	180	1125
Demanda	2330	2200	1930	2250	1850	1990	12550
T. necesarios	12	12	11	12	10	11	69
T. disponibles	6	6	6	6	6	6	36
T. contratados	6	6	5	6	4	5	33

Costo de contratación	\$41.871,24	\$41.871,24	\$34.892,70	\$ 41.871,24	\$27.914,16	\$34.892,70	\$223.313,28
T. despedidos	0	0	0	0	0	0	0
Costo de despido	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
T. empleados	12	12	11	12	9	11	68
Costo de mano de obra	\$10.956.960	\$10.435.200	\$10.043.880	\$10.956.960	\$8.609.040	\$9.565.600	\$60.567.640
Unidades producidas	2330	2200	2079	2250	1782	1990	12631
Inventario neto	0	0	149	149	81	81	81
Costo de almacenaje	\$ 0	\$ 0	\$33.742,29	\$33.742,29	\$18.343,13	\$18.343,13	\$104.170,83
Costos de ord. Atrasadas	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$46.197,50	\$46.197,50
Costo total	\$10.998.831	\$10.477.071	\$10.112.514	\$11.032.573	\$ 8.655.297	\$9.665.033	\$60.941.321

Fuente. La autora, 2012.

El método de plan mixto genera un costo total de 60.941.321 pesos.

Cuadro 37.Comparación de costos de los cuatro métodos de planeación agregada

Métodos Costos	Inventario cero	Fuerza de trabajo constante	Producción constante sin faltantes	Plan mixto
De contratación	\$209.356	\$251.227	\$237.270	\$223.313
De despido	\$0	\$0	\$0	\$0
De mano de obra	\$59.654.560	\$65.220.000	\$63.393.840	\$61.524.200
De almacenaje	\$0	\$502.737	\$381.808	\$104.170
De orden atrasada	\$0	\$111.417	\$31.251	\$46.197
Total	\$59.863.916	\$ 66.085.382	\$64.044.170	\$61.897.881

Fuente. La autora, 2012.

Con la comparación de los costos de los diferentes métodos planteados de planeación agregada, se concluye que el método más apropiado y de menor costo para la empresa es el método número 1 de inventario cero, que plantea contrataciones de 6 empleados en los meses de enero, febrero y abril, de 4 empleados en el mes de marzo, 3 empleados en el mes de mayo y 5 empleados en el mes de junio.

Para la participación adecuada de las nuevas contrataciones se trabajaría un turno adicional del actual y así cumplir con la demanda de la empresa.

La planeación agregada se llevó a cabo con los datos actuales de la empresa, para efectos del estudio, los cuatro métodos de la planeación agregada se efectuaron con la reducción de tiempos determinada por el estudio de tiempo y los resultados arrojados fueron los siguientes.

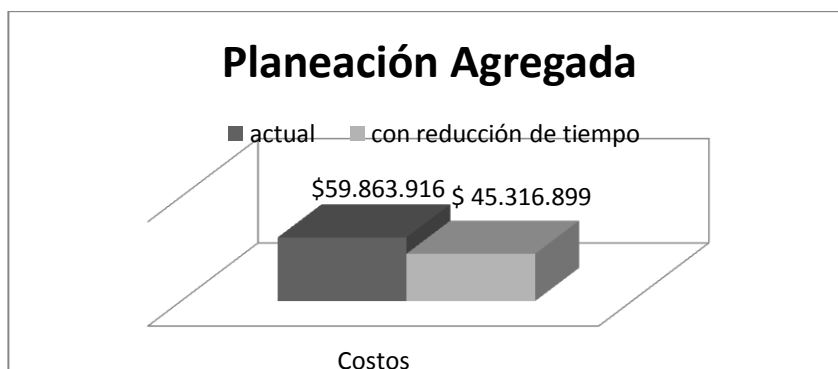
Cuadro 38. Comparación de costos de los cuatro métodos de planeación agregada con reducción de tiempo.

Métodos Costos	Inventario cero	Fuerza de trabajo constante	Producción constante sin faltantes	Plan mixto
De contratación	\$97.699	\$125.613	\$111.656	\$97.699
De despido	\$0	\$0	\$0	\$0
De mano de obra	\$45.219.200	\$48.915.000	\$47.654.540	\$45.219.200
De almacenaje	\$0	\$502.737	\$381.808	\$453
De orden atrasada	\$0	\$111.417	\$0	\$169.164
Total	\$45.316.899	\$49.654.768	\$48.148.005	\$45.486.516

Fuente. La autora, 2012.

La agregación de unidades respectivas se determinó con la fórmula 15 obteniendo como resultado 12 unidades/día-trabajador. El menor costo se genera en el método 1 de inventario cero, que plantea la contratación de 3 empleados en los meses de enero, febrero y abril, 2 empleados para los meses de marzo y junio y 1 empleado en el mes de junio. Cumpliendo así la demanda de la empresa. El desarrollo de los 4 métodos de la planeación agregada con reducción de tiempo se encuentra en los anexos del documento.

Figura 20. Comparación de costos de planeación agregada.



Fuente. La autora, 2012.

- Baja calidad de los productos. La calidad es un factor determinante en la mejora de la producción de la empresa Creapack Ltda, por tanto se propone la utilización de la estrategia 5S's, con la cual se beneficiarían aspectos como mejora de la imagen, desarrollo de buenos hábitos laborales, incremento de la eficiencia, incremento de la calidad, entre otros.

La empresa actualmente presenta desorganización en la ubicación de materias primas, productos terminados, rebabas y herramientas, el lugar de manufactura se encuentra con polvo el cual con sus características abrasivas pueden rayar el material recién moldeado y desmejorarlo, disminuyendo la calidad de los productos, así mismo tiene inferencia en las condiciones de higiene que se deben tener en cuenta para los vasos desechables.

Por todas las anteriores características se propone el desarrollo de la estrategia 5S's de la siguiente manera.

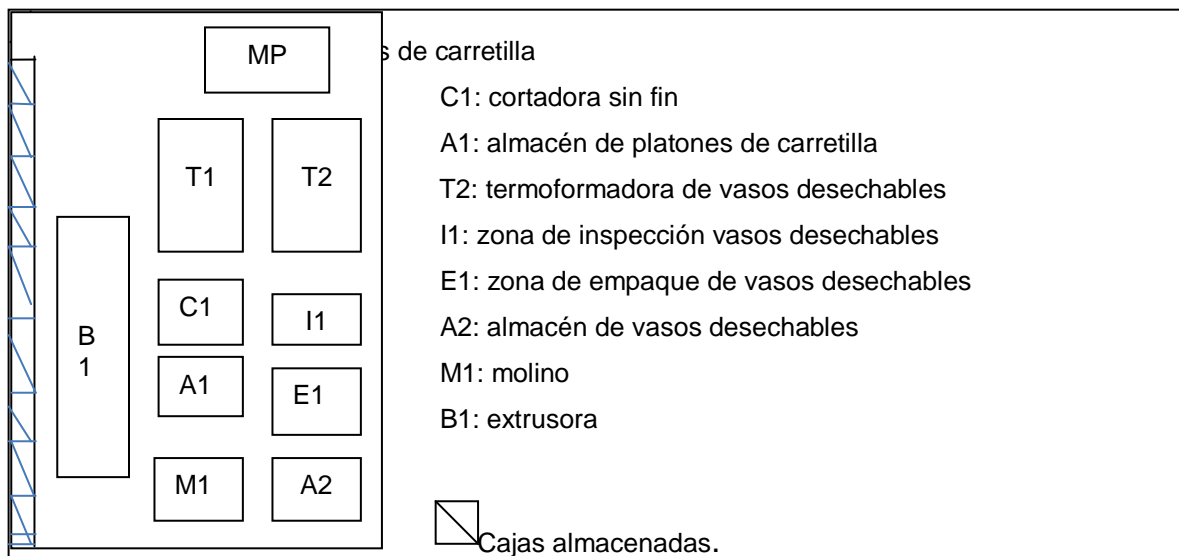
Primer paso. Realización de una campaña de conocimiento para todo el personal de la empresa donde se comunique y difunda al personal avisos de motivación al cambio e información general de las características principales de la estrategia (seiri, seiton, seiso, seiketsu, shitsuke).

Segundo paso. Implementación de cada S por lapsos de tiempos definidos por la dirección. Con reuniones previas para informar los objetivos a lograr y ejemplarizar las actividades a desarrollar y posteriores para retroalimentar los logros alcanzados y las dificultades presentadas en cada ciclo de implementación de cada una de las S, las reuniones serán lideradas por el jefe de planta Miguel Duarte.

Primera S. Seiri. Identificación de elementos innecesarios, cantidad y ubicación actual. Con ello se busca determinar la causa del estado del elemento innecesario y su posterior eliminación. El objetivo de esta S, es ubicar el material que le hace perder tiempo a los operarios y así mismo ubicar correctamente el material necesario para la realización de su trabajo, se puede obtener por medio de lista donde cada operario anote cada elemento.

Segunda S. Seiton. Identificación de elementos necesarios para cada puesto de trabajo y su entorno. Los operarios determinaran sus elementos necesarios para el buen desempeño del proceso manufacturero y su posterior organización teniendo en cuenta la distancia y los recorridos, de igual manera la dirección podrá comprobar que se tengan los elementos necesarios y en buen estado. Dentro de los elementos necesarios se encuentra la ubicación de la materia prima, la cual actualmente no tiene un puesto determinado por lo que se propone que según la determinación de la demanda y la producción propuesta por la planeación agregada desarrollada anteriormente, se estipule la ubicación de la materia prima necesaria de la siguiente manera.

Figura 21. Área de producción



Fuente. La autora, 2012.

La propuesta de la ubicación de la materia prima anterior se realiza con la distribución de actual de la empresa, así los tiempos de procesamiento no se modifican con la materia prima disponible al lado de la maquinaria.

Tercera S. Seiso. La limpieza es importante en los procesos manufactureros, por ende se propone la utilización de cofias, guantes industriales para operarios y guantes de látex para operarios de inspección, plan de mantenimiento de la maquinaria, constante limpieza al área de manufactura y maquinaria, evitando así la disminución de la calidad por causa de polvo y suciedad.

Cuarta S. Seiketsu. Estandarización, los objetivos logrados por las tres S anteriores se debe regular por tanto el jefe de planta debe documentar los progresos y las desmejoras, comunicando al personal y así mantener el sistema, en consecuencia se deberán asignar responsabilidades al personal en cada aspecto de cada S.

Quinta S. Shitsuke. Sostener. Creación del hábito de las 5S's en la empresa. Para el cumplimiento del objetivo de esta S, se propone establecer reuniones de 5S's en periodos estipulados, revisando la consecución del mismo. También se propone incluir dentro de las temáticas de inducción al nuevo personal y mantener la motivación del alcance de las metas y objetivos de cada S por parte de la dirección.

3.5. DESARROLLO DE INDICADORES DE GESTIÓN

Objetivo. Diseñar el portafolio de indicadores de gestión de las estrategias propuestas midiendo los estados A y B del escenario.

A continuación se describen los indicadores de gestión que generan un diagnóstico cuantitativo de los escenarios propuestos de la empresa entendiéndose escenario A como el estado actual de la empresa y escenario B como el estado propuesto de la empresa.

Figura 22. Indicador 1. Capacidad disponible (D)

$$D = \frac{\text{capacidad utilizada} - \text{tiempo asignado}}{\text{capacidad instalada}} * 100\% \quad [6]$$

Fuente.crecenegocios.com

Figura 23. Indicador 2. Ventas

$$\text{Ventas} = \text{precio de venta unitario} * N^{\circ} \text{ de artículos vendidos} \quad [7]$$

Fuente.crecenegocios.com

Figura 24. Indicador 3. Productividad en valores

$$\text{Productividad en valores} = \frac{\text{precio de venta/mensual}}{\text{costo de MO/mensual}} \quad [8]$$

Fuente.crecenegocios.com

Figura 25. Indicador 4. Productividad en unidades

$$\text{Productividad en unidades} = \frac{\text{producción real/día}}{\text{tiempo de producción/día}} \quad [9]$$

Fuente.crecenegocios.com

Cuadro 39. Comparación de escenarios.

Indicador^{37*}	Escenario A	Escenario B	Producto
Capacidad disponible	19,047%	42,857%	Ambos
Ventas	\$ 47.500.000	\$ 130.000.000	Platones de Carretilla
	\$ 5.880.000	\$ 8.640.000	Vasos Desechables
Productividad en valor	\$ 7,93	\$ 21,68	Platones de Carretilla
	\$ 0,98	\$ 1,44	Vasos Desechables
Productividad de la máquina en unidades	0,0333 Unid/min	0,0438 Unid/min	Platones de Carretilla
	0,0604 Unid/min	0,0833 Unid/min	Vasos Desechables

Fuente. La autora, 2012.

Cada indicador muestra cambios en los que se incurrirían con la implementación de la propuesta y el impacto generado en la empresa, a continuación se presenta su análisis.

- El indicador de capacidad instalada, muestra el porcentaje de utilización de esta en producir. como se observa en el cuadro de comparación anterior, actualmente la empresa utiliza solamente el 19, 047 % de su capacidad en producir sus artículos, con la propuesta de planeación agregada con reducción de tiempo la capacidad utilizada en producción aumenta en un 21,81%para un total de utilización de 42,857% mejorando así la utilización de los recursos propios de la empresa, aumentando su producción por tanto sus ventas y sus utilidades.
- El indicador de ventas corrobora el aumento monetario que se produciría al implementar las estrategias propuestas, cumpliendo con la demanda y generando específicamente \$82.500.000 adicionales de ventas en platones de carretilla y \$2.760.000 adicionales en ventas de vasos desechables.
- El indicador de productividad en valor, este indicador muestra la productividad de cada trabajador respecto al salario devengado por este, puntualmente en la producción de platones de carretilla \$21,68 son ganancias de cada \$100 que se

*La hoja de vida de cada indicador se encuentra en el anexo E.

pague al trabajador aumentado la productividad actual de este en 36,5% comparativamente con la ganancia actual, y \$1,44 son ganancias por cada \$100 que se pague al trabajador por la elaboración de 1 paquete de vasos desechables, aumentado la productividad actual de este en un 68%.

- Indicador de productividad de la máquina en unidades. Este indicador representa la productividad de la máquina por minuto de trabajo, la máquina de termoformación de platones de carretilla actualmente produce 0,0333 unid/min, con la estrategia propuesta, la máquina aumenta su productividad y produce 0,0438 unid/min de igual manera la productividad de la máquina de vasos desechables pasa de producir 0,0604 unid/min a producir 0,0833 Unid/min.

3.6. VALIDACIÓN DE LAS ESTRATEGIAS PROPUESTAS POR MEDIO DE UNA SIMULACIÓN

Objetivo. Validar por medio de una simulación los escenarios virtuosos propuestos en las estrategias de mejora.

La simulación fue desarrollada en Promodel versión 4.2 la cual está dividida en dos partes, la primera parte es la simulación de la termoformación de platones de carretilla y la segunda parte es la simulación de la termoformación de vasos desechables.

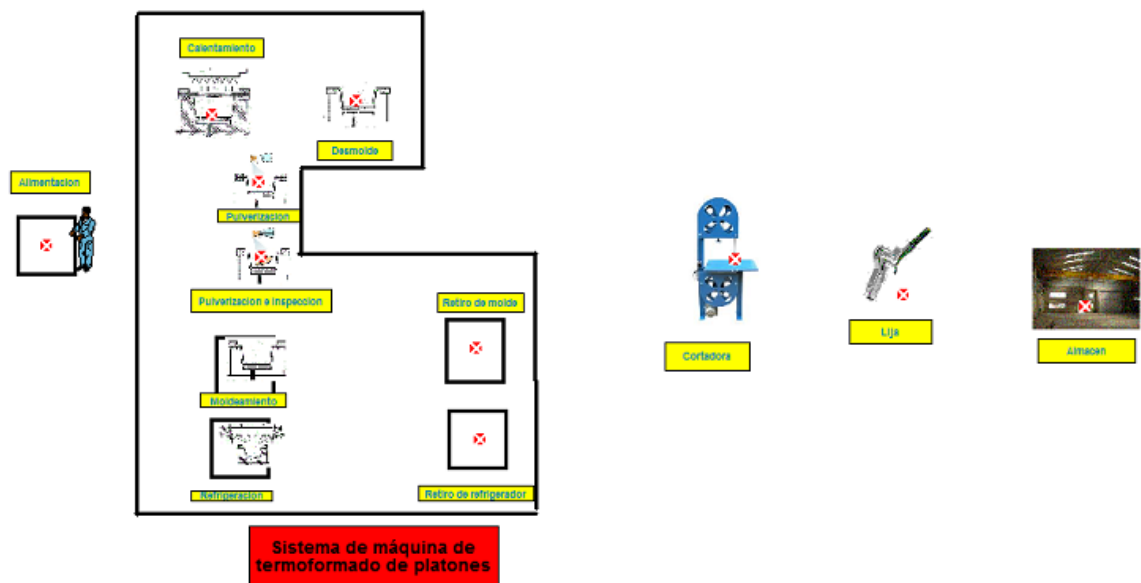
a. Variables: las variables a considerar en las dos partes de la simulación son las siguientes:

- Tiempo de proceso
- Producción
- Utilización de la maquinaria
- Utilización de los recursos (Operarios).

Primera parte. La simulación se elaboró en base a la propuesta de planeación agregada con reducción de tiempo, para llevar a cabo la propuesta, se plantean 2 turnos de 8 horas cada uno con 1 operario trabajando en cada turno, los tiempo de cada uno de los procesos hacen alusión a los tiempos determinados por el estudio de tiempo desarrollado con anterioridad a la línea de termoformación, logrando así cumplir la demanda estimada.

El modelo se planteó de la siguiente manera. Como primera locación la alimentación del sistema de la máquina de termoformación de plátos de carretilla, seguida del sistema conformado por las actividades que esta desempeña, la siguiente locación definida es la cortadora de rebabas del molde de plátón, seguida de la lija la cual define los acabados del plátón de carretilla y como ultima locación está el almacén.

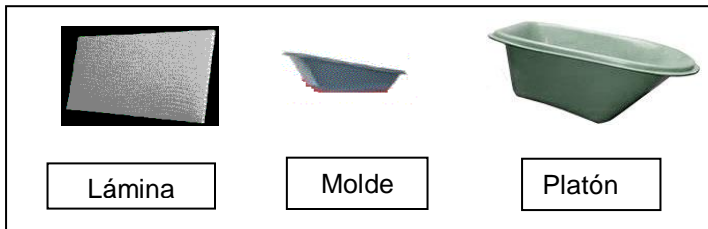
Figura 26. Planteamiento del modelo de plátos de carretilla



Fuente. Promodel. Creapack platon.mod. Layout

Las entidades definidas son, en primera instancia la lámina de polietileno, seguida del molde de plátón y finalmente el plátón de carretilla

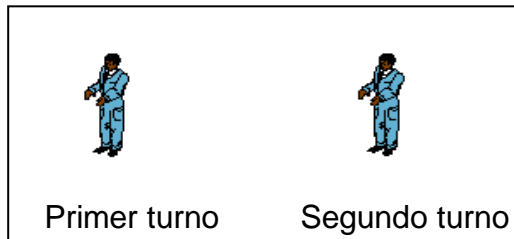
Figura 27. Entidades del modelo de patones de carretilla.



Fuente. La autora, 2012.

En el modelo se definió un recurso (operario) para cada turno de 8 horas.

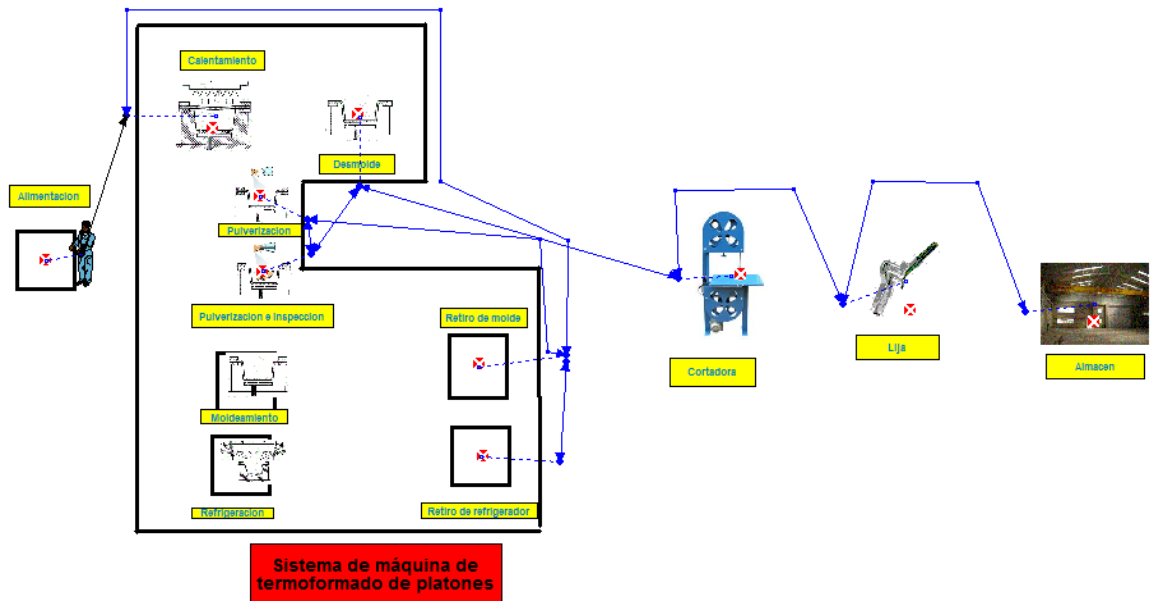
Figura 28. Recursos del modelo de platones de carretilla.



Fuente. Promodel. Creapack platones.mod. Resources

Se definió una ruta para cada operario según el desempeño real dentro del proceso de termoformado de platones.

Figura 29. Path Networks del modelo de platones de carretilla.



Fuente. Promodel. Creapack Platoes.mod. Path Networks

b. Processing. En la figura 30, se especifica el processing del proceso productivo de platones de carretilla presente a continuación.

Figura 30. Processing platón de carretilla.

***** Processing *****							

Process				Routing			
Entity	Location	Operation	Blk	Output	Destination	Rule	Move Logic
Lamina	Alimentacion		1	Lamina	Calentamiento	FIRST 1	MOVE WITH Operario THEN FREE
Lamina	Calentamiento	GET Operario WAIT 0.5 min FREE Operario	1	Lamina	Moldeamiento	FIRST 1	MOVE FOR 0.5
Lamina	Moldeamiento	GET ResMolde WAIT 1.4 MIN FREE ResMolde COMBINE 1 WAIT 1 MIN	1	Molde	Refrigeracion	FIRST 1	MOVE FOR 0.5
			2*	MoldeVacio	Retiro_de_molde	FIRST 1	MOVE WITH ResMolde THEN FREE
Molde	Refrigeracion	GET ResRefrigera WAIT 3.5 MIN FREE ResRefrigera COMBINE 1 WAIT 1 MIN	1	Platon	Pulverizacion	FIRST 1	MOVE FOR 0.5
			2*	RefrigeradorVacio	Retiro_de_refrigerador	FIRST 1	MOVE WITH ResRefrigera THEN FREE
Platon	Pulverizacion	GET Operario WAIT 0.75 MIN FREE Operario	1	Platon	Pulverizacion_e_inspeccion	FIRST 1	MOVE FOR 0.5
Platon	Pulverizacion_e_inspeccion	GET Operario WAIT 0.25 MIN FREE Operario	1	Platon	Desmolde	FIRST 1	MOVE FOR 0.5
Platon	Desmolde	GET Operario WAIT 0.75 MIN FREE Operario	1	Platon	Cortadora	FIRST 1	MOVE WITH Operario THEN FREE
Platon	Cortadora	GET Operario WAIT 2.5 MIN FREE Operario	1	Platon	Lija	FIRST 1	MOVE WITH Operario THEN FREE
Platon	Lija	GET Operario WAIT 1 MIN FREE Operario	1	Platon	Almacen	FIRST 1	MOVE WITH Operario THEN FREE

Platon	Almacen	GET Operario				
		WAIT 0.3 MIN				
		FREE Operario	1	Platon	EXIT	FIRST 1
MoldeVacio	Retiro_de_molde	GET ResMolde				
		WAIT 5 MIN				
		FREE ResMolde	1	MoldeVacio	EXIT	FIRST 1
RefrigeradorVacio	Retiro_de_refrigerador	GET ResRefrigera				
		WAIT 5 MIN				
		FREE ResRefrigera	1	RefrigeradorVacio	EXIT	FIRST 1

 * Arrivals *

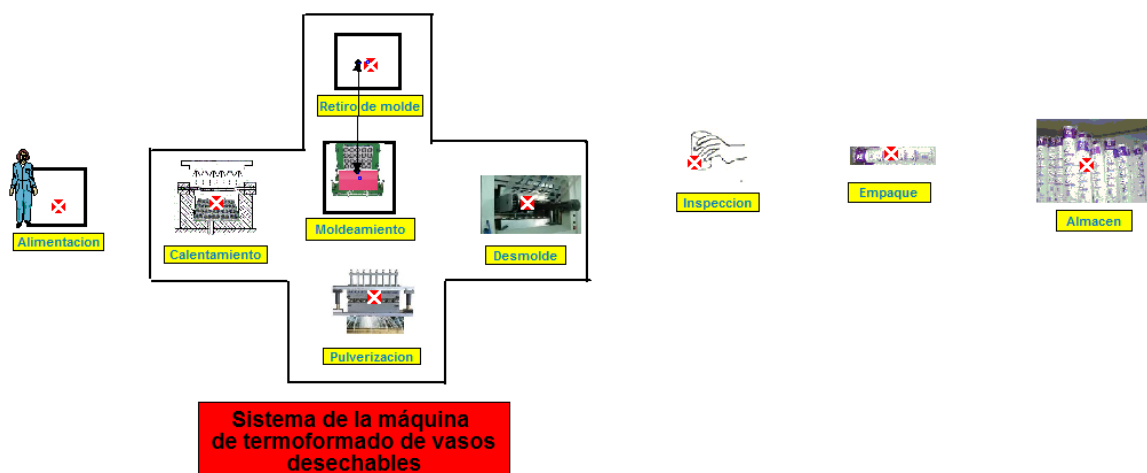
Entity	Location	Qty Each	First Time	Occurrences	Frequency	Logic
Lamina	Alimentacion	1		INF	24 min	

c. Output. La descripción del reporte general de la simulación se encuentra adjunta al documento, (anexo F)

La segunda parte. La simulación se elaboró en base a la propuesta de planeación agregada con reducción de tiempo, para llevar a cabo la propuesta, se plantean 2 turnos de 8 horas cada uno con 3 operario trabajando en cada turno, los tiempo de cada uno de los procesos hacen alusión a los tiempos determinados por el estudio de tiempo desarrollado con anterioridad a la línea de termoformación, logrando así cumplir la demanda estimada.

Para el planteamiento del modelo de termoformación de vasos desechables, se establecieron las locaciones de la siguiente manera. La primera locación estipulada es la alimentación de la máquina de termoformado de vasos desechables, seguida del sistema de la maquina con cada una de los procesos internos que esta lleva a cabo, a continuación esta la locación de inspección de los vasos desechables, seguida del empaque de los mismos y por ultimo su almacenamiento.

Figura 31. Planteamiento del modelo de vasos desechables.



Fuente. Promodel. Creapack vasos.MOD. layout

Las entidades definidas para e modelo son, lamina de poliestireno de alto impacto, vaso individual, vasos empacados.

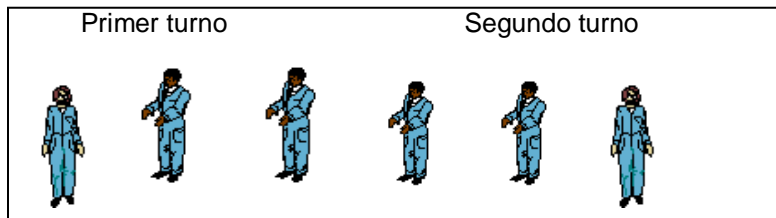
Figura 32. Entidades del modelo de vasos desechables



Fuente. La autora, 2012.

Los recursos definidos en el modelo son 3 operarios en 1 turno de 8 horas.

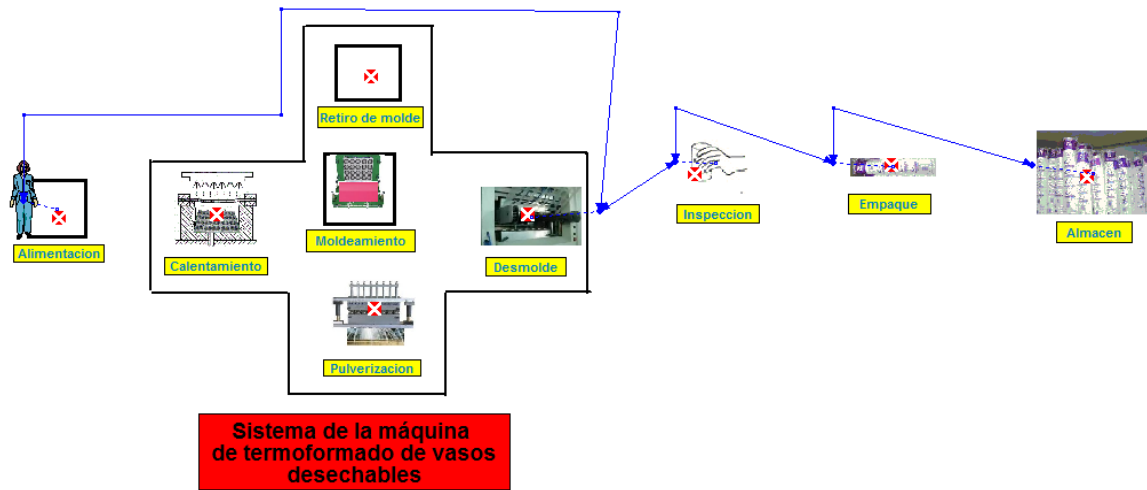
Figura 33. Recursos del modelo de vasos desechables



Fuente. Promodel. Creapack vasos.MOD. Resources

La ruta diseñada en el modelo para cada operario es el desempeño real dentro del proceso de termoformación de vasos desechables presente a continuación.

Figura 34.Path Networks del modelo de vasos desechables



Fuente. Promodel. Creapack vasos.MOD. Path Networks

b. processing. En la figura 35 se especifica el proceso del modelo de simulación, presente a continuación.

c. output. La descripción del reporte general de la simulación se encuentra adjunta al documento, (anexo G).

Figura 35. Processing vasos desechables.

* Processing *							

Process				Routing			
Entity	Location	Operation	Blk	Output	Destination	Rule	Move Logic
Lamina	Alimentacion		1	Lamina	Calentamiento	FIRST 1	MOVE FOR 0.5
Lamina	Calentamiento	WAIT 0.3 MIN	1	Lamina	Moldeamiento	FIRST 1	MOVE FOR 0.5
Lamina	Moldeamiento	GET Molde WAIT 0.15 MIN FREE Molde COMBINE 1 WAIT 0.5 MIN	1	Lamina	Pulverizacion	FIRST 1	MOVE FOR 0.5
			2*	Moldevacio	Retiro_de_molde	FIRST 1	MOVE WITH Molde THEN FREE
Lamina	Pulverizacion	WAIT 0.1 MIN	1	Uaso	Desmolde	FIRST 1	MOVE FOR 0.5
Uaso	Desmolde	GET Operario2 WAIT 1 MIN FREE Operario2	1	Uaso	Inspeccion	FIRST 1	MOVE WITH Operario2 THEN FREE
Uaso	Inspeccion	GET Operario3 WAIT 1.3 MIN FREE Operario3	1	Uaso	Empaque	FIRST 1	MOVE WITH Operario3 THEN FREE
Uaso	Empaque	GET Operario3 WAIT 2.4 MIN FREE Operario3	1	Uasos	Almacen	FIRST 1	MOVE WITH Operario3 THEN FREE
Uasos	Almacen	GET Operario3 WAIT 0.6 MIN FREE Operario3	1	Uasos	EXIT	FIRST 1	
Moldevacio	Retiro_de_molde	GET Molde WAIT 0.5 MIN FREE Molde	1	Moldevacio	EXIT	FIRST 1	

4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Los resultados obtenidos por los estudios de tiempo realizados en la caracterización de la línea productiva de termoformado, demuestran.

- Como se planteó en el numeral “cuatro cuatro” determinación de las estrategias ingenieriles, la reducción de tiempo basada en el estudio de tiempos y en el método de trabajo empleado en la termoformación de platones de carretilla y de vasos desechables, genera 227 y 3780 unidades anuales adicionales a la producción actual respectivamente, que a su vez generan ganancias de 5.675.000 y 4.536.000 pesos para un total de 10.211.056 de pesos anuales más que las ganancias actuales de la empresa.

Para el horizonte de tiempo estipulado en la planeación agregada (6 meses), las ganancias adicionales generadas serian de 5.118.000 pesos.

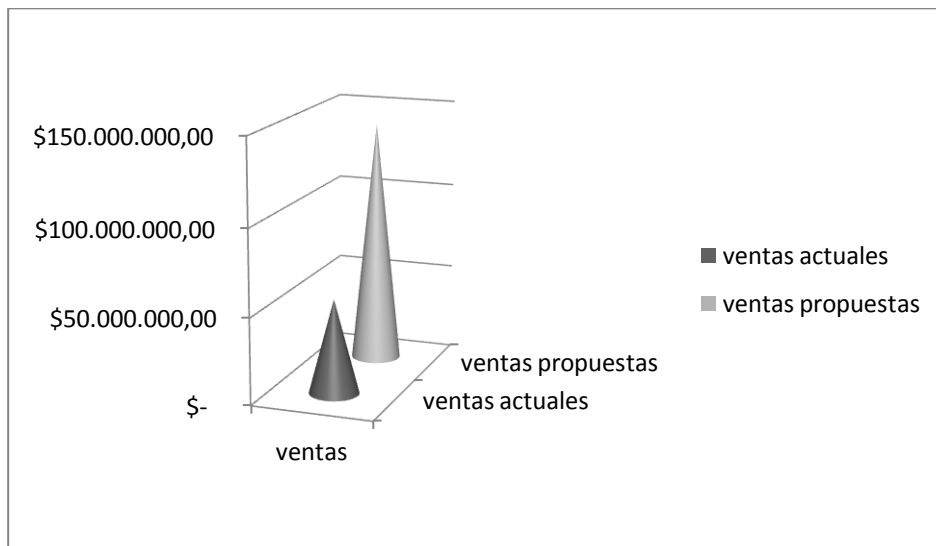
Figura 36. Ganancias actuales vs propuestas con reducción de tiempo.



Fuente. La autora, 2012

- Con los datos de la empresa la producción adicional que genera la reducción de tiempo sigue siendo insuficiente con respecto a la demanda (cuadro 31), por tanto con los resultados de la planeación agregada y la venta de la demanda propuesta, las ganancias con respecto a las actuales serían de 85.570.000 pesos anuales adicionales.

Figura 37. Ganancias actuales vs propuestas con cumplimiento de la demanda.



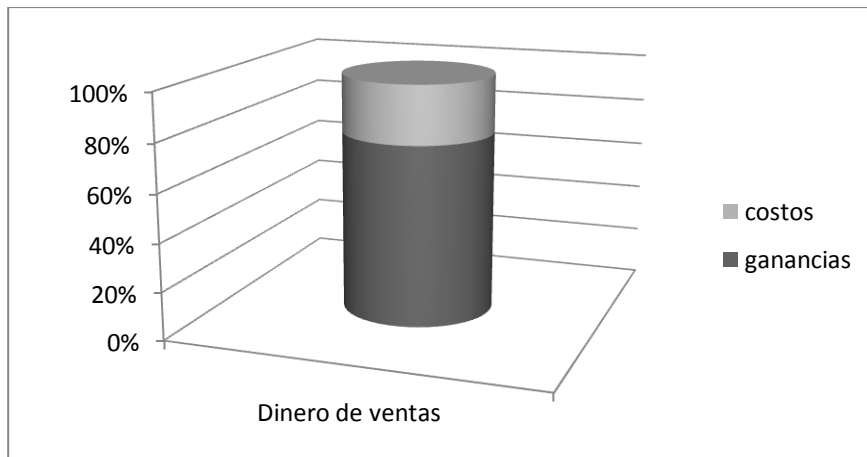
Fuente. La autora, 2012.

- Como se estipula en el numeral “cuatro cuatro” determinación de las estrategias ingenieriles, el desarrollo de los métodos de la planeación agregada se realizaron para la producción con reducción y sin reducción de tiempo, arrojando como mejores resultados plan mixto. Los costos finales de los métodos difieren uno del otro por 15.614.423 pesos, siendo más viable financieramente el plan agregado de inventario cero con la reducción de tiempo generada en el estudio de tiempo previamente desarrollado, (anexo A), tomado este como método propuesto para la empresa.

- Cumpliendo la demanda estipulada por la empresa en un horizonte de tiempo de 6 meses, se generarían \$140.248.000 de ventas, con las cuales se podría cubrir los costos generados por la capacitación del personal (figura 13) actual y contratado (50 empleados) y los costos del plan agregado (anexo A) equivalente a \$ 46.185.779, estos costos representarían el 32,9% del total recaudado, teniendo el 67,1% del dinero restante libre para otros gasto de la empresa o bien sea como utilidad equivalentes a \$94.062.221.

Costo total capacitación del personal = 858.880 pesos

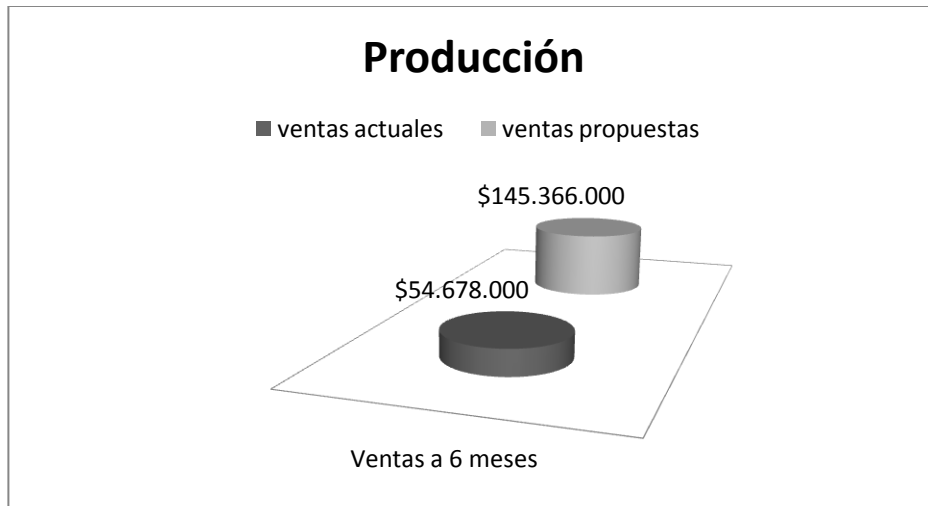
Figura 38. Porcentaje de ganancias vs costos de método propuesto,



Fuente. La autora, 2012.

- La prioridad financiera en el proyecto se demuestra en el siguiente gráfico con la facturación de las ventas actuales comparativamente con la facturación del método propuesto (plan agregado método inventario cero con reducción de tiempo).

Figura 39.Producción actual vs producción propuesta



Fuente. La autora, 2012.

La diferencia financiera de la producción actual de la empresa a la producción que se podría generar implementando la estrategia propuesta es de 90.688.000 pesos, sin tener en cuenta los gastos que se producen necesarios para el funcionamiento de la empresa.

5. CONCLUSIONES

- La estabilidad económica y permanencia en el mercado de la empresa Creapack Ltda. se basa en la producción y venta de sus productos principales las líneas de termoformación y laminación, puesto que la rentabilidad en la fabricación y venta de las líneas escolar, agrícola, construcción y publicidad es nula y genera perdida por lo tanto el crecimiento y expansión de la empresa es limitada por la falta de alternativas de diversificación de productos.
- La línea de termoformado de la empresa, tiene diseñadas cuatro sub -líneas de las cuales actualmente están en producción dos de ellas (termoformado de vasos desechables y termoformado de platones de carretilla), puesto que la demanda de las otros dos es tan bajas que su producción genera pérdidas.
- Se determinó con el estudio de tiempos realizado a la línea de termoformado, que la falta de capacitación del personal adicional a la constante rotación del mismo, hacen que la producción actual de vasos desechables y platones de carretillas sea inferior con respecto a la que se lograría con operarios calificados y con puestos de trabajo definidos.
- Se evidencio con la caracterización de la línea de termoformado, que en esta existen tres restricciones de manufactura principales las cuales son las generadoras de la mayoría de inconvenientes estas son; restricciones de materiales por la inexistencia de programación de flujo de producto; de capacidad por deficiencia en el recurso humano y restricciones logísticas por inexistencia de planeación y control de la producción.
- Con el diagnostico DOFA, se establecen las principales causas de las restricciones de manufactura, como debilidades de la empresa, son estas: la

reputación, presencia y alcance de la empresa; los aspectos financieros, las brechas en la capacidad, las desventajas competitivas y las escalas de tiempos y fechas.

- Con la determinación de las problemáticas de la línea de termoformado y sus causas, se establecieron como estrategias de mejoramiento la capacitación del personal operativo de la empresa, la planeación agregada de la producción y la utilización de la herramienta de 5s's como propuesta de solución.
- De los métodos de planeación agregada desarrollados, se escogió el método de inventario mixto con reducción de tiempo puesto que mejora el desempeño de la línea productiva de termoformado de la empresa logrando el cumplimiento la demanda generando así mayores utilidades a las actuales.
- Con la comparación de indicadores de gestión en los diferentes escenarios, se evidencian los cambios generados por las estrategias propuestas y las mejoras en la producción.
- Se corroboró con la herramienta de simulación en Promodel, los progresos que se obtienen con las estrategias de mejoramiento propuestas en la línea de termoformado de la empresa Creapack Ltda.
- La inversión total en la que se incurriría con la implementación de las estrategias propuestas en este estudio sería de \$ 46.175.779 que abarca los costos de la planeación agregada y la capacitación del personal en un mediano plazo (6 meses), la cual se financiaría con las ventas generadas por la misma propuesta.

6. RECOMENDACIONES

- Con los resultados obtenidos en el proyecto, se sugiere la implementación de las estrategias de mejoramiento propuestas en él.
- Con los resultados generados por el estudio de tiempos, se presenta a la empresa la opción de capacitación del personal operativo en los procesos de termoformado.
- Se sugiere a la empresa la evaluación para las demás líneas productivas con el fin de determinar sus problemas y posibles soluciones.
- Se recomienda a la empresa generar un plan de mantenimiento preventivo de la maquinaria y contemplar la opción de adquisición de nuevas tecnologías.

BIBLIOGRAFÍA

- BODINI, Giani y PESSANI, Franco. Moldes y máquinas de inyección para la transformación de plásticos tomo 1, 2 ed. McGraw-Hill.
- COLPATRIA, Procesos productivos. Bogotá (1997).
- COTA GALINDO, Edbe y VILLASEÑOR CONTRERAS, Alberto. Conceptos y reglas de lean manufacturing. 2 ed. Limusa.
- COTA GALINDO, Edbe y VILLASEÑOR CONTRERAS, Alberto. Manual de lean manufacturing. 2 ed. Limusa.
- FERRER, Ricardo. Industrias del caucho y otras materias plásticas. Barcelona; Buenos Aires. (1942).
- HEIZER Jay y RENDER Barry. Dirección de la producción y de operaciones: decisiones tácticas. 8 ed. Prentice Hall.
- KIBBEY, Donald y MOORE, Harry. Materiales y procesos de fabricación, industria metalmecánica y de plásticos .Limusa.
- MALAVERRODRIGUEZ, Florentino, SERDA SARMIENTO, Álvaro y VARGAS PERÉZ, Marisela. La innovación tecnológica en la industria colombiana: un estudio en dos cadenas industriales. Bogotá. (2003).
- MEYERS, Fred. Estudio de tiempos y movimientos, para la manufactura ágil. 2 ed. Pearson educación.

- NARANJO-NORIEGA-SANZ-SIERRA, Osswald. Tecnología de los Plásticos, Manual de Bolsillo 1, Extrusión.
- NIETO BERNAL, Julio. Compañía ilimitada: reportaje a los grandes grupos económicos. Bogotá. (1997).
- RIGGS, James. Sistemas de producción planeación, análisis y control. 3 ed. Limusa.
- SCHEY, John A. Procesos de manufactura. McGraw-Hill Companies INC. (2000).
- SIPPER, Daniel. Planeación y control de la producción. (1999).
- VELÁSQUEZ MASTRETTA, Gustavo. Administración de los sistemas de producción. (2006).
- WINSTON, Wayne. Investigación de operaciones, aplicaciones y algoritmos. 4 ed. Thomson.

CIBERGRAFÍA

- ACOPLASTICOS, Publicaciones y recursos educativos. [en línea] <https://www.acoplasticos.org/acoplasticos> [fecha de acceso].
- CRECE NEGOCIOS <http://www.crecenegocios.com/> [fecha de acceso]
- DANE. Industria. [en línea] <http://www.dane.gov.co> [fecha de acceso].
- DEBERNARDO, Héctor. Cimatic, soluciones tecnológicas para empresas, artículos sobre TOC. [en línea] <http://www.cimatic.com.ar> [fecha de acceso].
- INGENIEROS INDUSTRIALES, Estudio de tiempos. [en línea] <http://ingenierosindustriales.jimdo.com>
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR ESTÁNDAR DIZATION. Normas internacionales de negocios, gobierno y sociedad. [en línea] <http://www.iso.org> [fecha de acceso].
- INVIMA. Ministerio de protección social. [en línea] <http://www.invima.org.co> [fecha de acceso].
- LA NOTA.COM. Empresas líderes sectoriales de Colombia. [en línea] <http://lanota.com> [fecha de acceso].
- MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO, Sector plásticos. Guías ambientales. Bogotá, 2004. [en línea] http://www.siame.gov.co/siame/documentos/Guias_Ambientales/Guías [fecha

de acceso].

- MINISTERIO DE COMERCIO EXTERIOR. Plásticos y cauchos en sus formas primarias. 2007. [en línea]
- <http://www.aacue.go.cr/comercio/sectoriales/documentos> [fecha de acceso].
- REVISTA VIRTUAL PRO. [En línea]
<http://www.revistavirtualpro.com/index/index.php> [fecha de acceso].
- UPC, Facultad de informática de Barcelona. Retro informática, Simulación. [en línea] <http://www.fib.upc.edu> [fecha de acceso].

ANEXOS

ANEXO A. Método de inventario cero con reducción de tiempo.

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Total
Días	21	20	21	21	22	20	125
Und/ trab.	252	240	252	252	264	240	1500
Demanda	2330	2200	1930	2250	1850	1990	12550
T. necesarios	9	9	8	9	7	8	50
T. disponibles	6	6	6	6	6	6	36
T. contratados	3	3	2	3	1	2	14
Costo de contratación	\$20.935	\$20.935	\$ 13.957	\$20.935	\$6.978	\$13.957	\$97.699
T. despedidos	0	0	0	0	0	0	0
Costo de despido	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
T. empleados	9	9	8	9	7	8	50
Costo de mano de obra	\$8.217.720	\$7.826.400	\$7.304.640	\$8.217.720	\$6.695.920	\$6.956.800	\$45.219.200
Unidades producidas	2330	2200	1930	2250	1850	1990	12550
Inventario neto	0	0	0	0	0	0	0
Costo de almacenaje	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Costos de ord. Atrasadas	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Costo total	\$8.238.655	\$7.847.335	\$7.318.597	\$8.238.655	\$6.702.898	\$6.970.757	\$45.316.899

Fuente. La autora, 2012.

ANEXO B. Método de fuerza de trabajo nivelada con reducción de tiempo

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Total
Días	21	20	21	21	22	20	125
Und/ trab.	252	240	252	252	264	240	1500
Demanda	2330	2200	1930	2250	1850	1990	12550
T. necesarios	9	9	9	9	9	9	54
T. disponibles	6	6	6	6	6	6	36
T. contratados	3	3	3	3	3	3	18
Costo de contratación	\$20.935,62	\$20.935,62	\$20.935,62	\$20.935,62	\$20.935,62	\$20.935,62	\$125.613,72
T. despedidos	0	0	0	0	0	0	0
Costo de despido	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
T. empleados	9	9	9	9	9	9	54
Costo de mano de obra	\$8.217.720	\$7.826.400	\$8.217.720	\$8.217.720	\$8.609.040	\$7.826.400	\$48.915.000
Unidades producidas	2268	2160	2268	2268	2376	2160	13500
Inventario neto	-62	-102	236	254	780	950	950
Costo de almacenaje	\$ 0	\$ 0	\$53.444	\$57.520	\$176.637	\$ 215.135	\$ 502.737
Costos de ord. Atrasadas	\$42.121	\$69.296	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 111.417
Costo total	\$8.280.776	\$7.916.631	\$8.292.099	\$ 8.296.176	\$8.806.613	\$8.062.471	\$49.654.768

Fuente. La autora, 2012.

ANEXO C. Método de Producción constante sin faltantes con reducción de tiempo

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Total
Días	21	20	21	21	22	20	125
Und/ trab.	252	240	252	252	264	240	1500
Demanda	2330	2200	1930	2250	1850	1990	12550
T. necesarios	9	9	9	9	8	8	53
T. disponibles	6	6	6	6	6	6	36
T. contratados	3	3	3	3	2	2	17
Costo de contratación	\$ 20.935	\$ 20.935	\$ 20.935	\$ 20.935	\$13.957	\$ 13.957	\$111.656
T. despedidos	0	0	0	0	0	0	0
Costo de despido	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
T. empleados	9	9	9	9	8	8	53
Costo de mano de obra	\$8.442.366	\$8.006.682	\$7.928.087	\$7.984.866	\$8.016.883	\$7.275.653	\$47.654.540
Unidades producidas	2330	2210	2188	2204	2213	2008	13152
Inventario neto	0	10	268	222	584	602	602
Costo de almacenaje	\$ 0	\$2.264	\$60.690	\$50.273	\$132.251	\$136.327	\$381.808
Costos de ord. Atrasadas	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 31.251	\$ 0	\$ 0	\$31.251,2
Costo total	\$8.463.302	\$8.029.883	\$8.009.713	\$8.087.326	\$8.163.092	\$7.425.938	\$48.179.256

Fuente. La autora, 2012.

ANEXO D. Método de plan mixto con reducción de tiempo.

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Total
Días	21	20	21	21	22	20	125
Und/ trab.	252	240	252	252	264	240	1500
Demanda	2330	2200	1930	2250	1850	1990	12550
T. necesarios	9	9	8	9	7	8	50
T. disponibles	6	6	6	6	6	6	36
T. contratados	3	3	2	3	1	2	14
Costo de contratación	\$ 20.935	\$ 20.935	\$13.957	\$ 20.935	\$ 6.978	\$13.957	\$ 97.699
T. despedidos	0	0	0	0	0	0	0
Costo de despido	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
T. empleados	9	9	8	9	7	8	50
Costo de mano de obra	\$8.217.720	\$7.826.400	\$7.304.640	\$8.217.720	\$6.695.920	\$6.956.800	\$45.219.200
Unidades producidas	2268	2160	2016	2268	1848	1920	12480
Inventario neto	-62	-102	-16	2	0	-70	81
Costo de almacenaje	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 452	\$ 0	\$ 0	\$ 452
Costos de ord. Atrasadas	\$42.121	\$ 69.296	\$10.190	\$ 0	\$ 0	\$ 47.556	\$ 169.164
Costo total	\$8.280.776	\$7.916.631	\$7.328.787	\$8.239.108	\$6.702.898	\$7.018.313	\$45.486.516

Fuente. La autora, 2012.

ANEXO E. Hoja de vida de los indicadores

Hoja de vida indicador 1

PROCESO: línea de termoformación de Creapack Ltda.		OBJETIVO DEL PROCESO: elaboración de vasos desechables y platones de carretilla para la venta	
Nombre del Indicador	Objetivo del Indicador		Tipo de indicador
Capacidad Disponible (D)	Determina el porcentaje de utilización de la capacidad instalada en producción		De efectividad
Formula del Indicador	Descripción de las variables		Formula de calculo
A= capacidad utilizada	corresponde a la cantidad real de horas laboradas semanalmente		$D = \frac{A-C}{B} * 100$
B= capacidad instalada	corresponde a la totalidad de horas laboradas semanalmente		
C= tiempo asignado	corresponde a la cantidad de horas laboradas por 1 día de trabajo		
Periodicidad del I.	Rangos de gestión		Encargado de información
Anual	Nivel critico	menor a 19%	Jefe de producción y alta gerencia
	Nivel aceptable	entre 40 -50%	
	Nivel satisfactorio	mayor 50%	

Fuente. La autora, 2012.

Hoja de vida indicador 2

PROCESO: línea de termoformación de Creapack Ltda.		OBJETIVO DEL PROCESO: elaboración de vasos desechables y platones de carretilla para la venta		
Nombre del Indicador	Objetivo del Indicador		Tipo de indicador	
Ventas (v)	Determina en valor en (pesos) de la venta de artículos por semestre.		De economía	
Formula del Indicador	Descripción de las variables		Formula de calculo	
A= Precio de venta unitario	Corresponde al precio de venta por unidad de cada artículo.		$V = A * B$	
B= Numero de artículos vendidos	Corresponde a la totalidad de artículos vendidos en un periodo de 6 meses.			
Periodicidad del I.	Rangos de gestión		Encargado de información	
Mensual		Platones	Vasos	Jefe de producción y alta gerencia
	NC	< 4.500.000	< 40.000.000	
Unidad de medida: pesos	NA	4.600.00-6.500.000	41.000.000-80.000.000	
	NS	> 6.500.000	Mayor 80.000.000	

Fuente. La autora, 2012.

Hoja de vida indicador 3

PROCESO: línea de termoformación de Creapack Ltda.			OBJETIVO DEL PROCESO: elaboración de vasos desechables y platones de carretilla para la venta		
Nombre del Indicador		Objetivo del Indicador		Tipo de indicador	
Productividad en valor (PV)		Determina la productividad de cada trabajador vs el salario de este.		De eficiencia	
Formula del Indicador		Descripción de las variables		Formula de calculo	
A= Precio de venta		Corresponde al precio de venta de los artículos vendidos mensualmente		$PV = \frac{A}{B}$	
B= Costo de mano de obra		Corresponde al salario por trabajador devengado mensualmente			
Periodicidad del I.		Rangos de gestión		Encargado de información	
Mensual			Platones	Vasos	Jefe de producción y alta gerencia
		NC	Menor a 12	Menor 0,5	
Unidad de medida: pesos		NA	Entre 12-17	Entre 0,6-1	
		NS	Mayor 18	Mayor 1,1	

Fuente. La autora, 2012.

Hoja de vida indicador 4

PROCESO: línea de termoformación de Creapack Ltda.			OBJETIVO DEL PROCESO: elaboración de vasos desechables y platones de carretilla para la venta		
Nombre del Indicador		Objetivo del Indicador		Tipo de indicador	
Productividad en unidades (PU)		Representa la productividad de la máquina por minuto de trabajo		De eficiencia	
Formula del Indicador		Descripción de las variables		Formula de calculo	
A= Producción real		Corresponde a la producción de la máquina por turno laborado		$PU = \frac{A}{B}$	
B= Tiempo de producción		Corresponde a la totalidad de minutos laborados por turno			
Periodicidad del I.		Rangos de gestión		Encargado de información	
Bimensual			Platones	Vasos	Jefe de producción y alta gerencia
		NC	Menor 0,035	Menor 0,04	
Unidad de medida: unid/min		NA	0,036-0,064	0,05- 0,06	
		NS	Mayor 0,065	Mayor 0,07	

Fuente. La autora, 2012.

Anexo F. Reporte general platones de carretilla

General Report

Output from C:\ProMod4\models\Creapack platon.mod [Creapack]

Date: Jan/28/2013 Time: 03:42:25 PM

Scenario : Normal Run

Replication : 1 of 1

Simulation Time: 16 hr

LOCATIONS

Location Name	Scheduled Hours	Capacity	Total Entries	Average Minutes Per Entry	Average Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Util
Alimentación	16	999999	43	2,43	0,10	1	0	0,00
Calentamiento	16	1	43	0,50	0,02	1	0	2,24
Pulverización	16	1	43	1,93	0,08	1	1	8,67
Pulverización e inspección	16	1	43	0,28	0,01	1	0	1,24
Moldeamiento	16	1	43	3,03	0,13	1	0	13,57
Refrigeración	16	1	43	5,13	0,23	1	0	23,00
Retiro de refrigerador	16	1	43	3,93	0,17	1	1	17,61
Retiro de molde	16	1	43	4,00	0,17	1	0	17,92
Desmolde	16	1	42	0,83	0,03	1	0	3,64
Cortadora	16	1	42	2,50	0,10	1	0	10,94
Lija	16	1	42	1,00	0,04	1	0	4,38
Almacén	16	1	42	0,30	0,01	1	0	1,31

LOCATION STATES BY PERCENTAGE (Multiple Capacity)

Location Name	Scheduled Hours	% Empty	% Partially Occupied	% Full	% Down
Alimentacion	16	89.11	10.89	0.00	0.00

LOCATION STATES BY PERCENTAGE (Single Capacity/Tanks)

Location Name	Scheduled Hours	% Operation	% Setup	% Idle	% Waiting	% Blocked	Down
Calentamiento	16	2,24	0,00	97,76	0,00	0,00	0,00
Pulverización	16	3,28	0,00	91,33	5,39	0,00	0,00
Pulverización e inspección	16	1,09	0,00	98,76	0,15	0,00	0,00
Moldeamiento	16	10,75	0,00	86,43	2,82	0,00	0,00
Refrigeración	16	20,16	0,00	77,00	2,84	0,00	0,00
Retiro de refrigerador	16	17,61	0,00	82,39	0,00	0,00	0,00
Retiro de molde	16	17,92	0,00	82,08	0,00	0,00	0,00
Desmolde	16	3,28	0,00	96,36	0,36	0,00	0,00
Cortadora	16	10,91	0,00	89,06	0,00	0,00	0,00
Lija	16	4,38	0,00	95,62	0,00	0,00	0,00
Almacén	16	1,31	0,00	98,62	0,00	0,00	0,00

RESOURCES

Resource Name	Scheduled Units	Scheduled Hours	Number Of Times Used	Average Minutes Per Usage	Average Minutes Travel To Use	Average Minutes Travel To Park	% Blocked In Travel	% Util
Operario	1	16	464	0.65	0.34	0.00	0.00	48.44
ResMolde	1	16	129	2.01	0.21	0.00	0.00	29.90
ResRefrigera	1	16	129	2.69	0.21	0.00	0.00	39.05

RESOURCE STATES BY PERCENTAGE

Resource Name	Scheduled Hours	% In Use	% Travel To Use	% Travel To Park	% Idle	% Down
Operario	16	31.65	16.78	0.00	51.56	0.00
ResMolde	16	27.08	2.82	0.00	70.10	0.00
ResRefrigera	16	36.20	2.85	0.00	60.95	0.00

FAILED ARRIVALS

Entity Name	Location Name	Total Failed
-----	-----	-----
Lamina	Alimentacion	0

ENTITY ACTIVITY

Entity Name	Total Exits	Current Quantity In System	Average Minutes In System	Average Minutes In Logic	Average Minutes Move Res, etc.	Average Minutes Wait For Operation	Average Minutes In Blocked
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Lamina	43	0	5.60	3.07	0.63	1.90	0.00
Molde	43	1	5.63	0.50	0.63	4.50	0.00
Platón	42	0	10.39	2.52	1.31	6.55	0.00
Molde vacio	43	0	4.64	0.64	0.00	4.00	0.00
Refrigerador vacio	42	1	4.65	0.65	0.00	4.00	0.00

ENTITY STATES BY PERCENTAGE

Entity Name	% In Move Logic	% Wait For Res, etc.	% In Operation	% Blocked
-----	-----	-----	-----	-----
Lamina	54.85	11.24	33.90	0.00
Molde	8.87	11.28	79.85	0.00
Platón	24.31	12.69	63.01	0.00
Molde vacio	13.89	0.00	86.11	0.00
Refrigerador vacio	14.00	0.00	86.00	0.00

ANEXO G. Reporte general de vasos desechables

General Report

Output from C:\ProMod4\models\Creapack vasos.MOD

Date: Jan/28/2013 Time: 03:45:57 PM

Scenario : Normal Run

Replication : 1 of 1

Simulation Time : 16 hr

LOCATIONS

Location Name	Scheduled Hours	Capacity	Average Total Entries	Minutes Per Entry	Average Contents	Maximun Contents	Currents Contents	% Util
Alimentación	16	999999	137	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
Pulverización	16	1	136	0,10	0,01	1,00	0,00	1,42
Calentamiento	16	1	137	0,30	0,04	1,00	0,00	4,28
Desmolde	16	1	136	1,08	0,15	1,00	0,00	15,31
Moldeamiento	16	1	136	0,73	0,10	1,00	0,00	10,46
Retiro de Molde	16	1	136	0,50	0,07	1,00	0,00	7,08
Inspección	16	1	136	1,69	0,24	1,00	0,00	24,07
Empaque	16	1	136	2,39	0,33	1,00	1,00	33,94
Almacén	16	1	135	0,60	0,08	1,00	0,00	8,44

LOCATION STATES BY PERCENTAGE (Multiple Capacity)

Location Name	Scheduled Hours	% Empty	% Partially Occupied	% Full	% Down
Alimentacion	16	100.00	0.00	0.00	0.00

LOCATION STATES BY PERCENTAGE (Single Capacity/Tanks)

Location Name	Scheduled Hours	% Operation	% Setup	% Idle	% Waiting	% Blocked	% Down
Pulverización	16	1.42	0.00	98.58	0.00	0.00	0.00
Calentamiento	16	4.28	0.00	95.72	0.00	0.00	0.00
Desmolde	16	14.17	0.00	84.69	1.14	0.00	0.00
Moldeamiento	16	9.21	0.00	89.54	1.25	0.00	0.00
Retiro de molde	16	7.08	0.00	92.92	0.00	0.00	0.00
Inspección	16	18.42	0.00	75.93	5.65	0.00	0.00
Empaque	16	33.94	0.00	66.06	0.00	0.00	0.00
Almacén	16	8.44	0.00	91.56	0.00	0.00	0.00

RESOURCES

Resource Name	Units	Scheduled Hours	Average Number Of Times Used	Average Minutes Per Usage	Average Travel To Use	Average Travel To Park	% Blocked In Travel	% Util
Operario2	1	16	272	0.53	0.04	0.00	0.00	16.37
Operario3	1	16	678	0.94	0.08	0.00	0.00	72.11
Molde	1	16	408	0.24	0.02	0.00	0.00	11.72

RESOURCE STATES BY PERCENTAGE

Resource Name	Scheduled Hours	% In Use	% Travel To Use	% Travel To Park	% Idle	% Down
Operario2	16	15.23	1.14	0.00	83.63	0.00
Operario3	16	66.45	5.66	0.00	27.89	0.00
Molde	16	10.47	1.25	0.00	88.28	0.00

FAILED ARRIVALS

Entity Name	Location Name	Total Failed
Lamina	Alimentación	0

ENTITY ACTIVITY

Current Entity Name	Total Exits	Quantity In System	Average Minutes In System	Average Minutes In Move Logic	Average Minutes Wait For Res, etc.	Average Minutes In Operation	Average Minutes Blocked
Lamina	136	1	1.53	1.00	0.08	0.45	0.00
Vaso	0	1	-	-	-	-	-
Vasos	135	0	7.85	1.47	0.47	5.90	0.00
Molde vacio	136	0	0.58	0.08	0.00	0.50	0.00

ENTITY STATES BY PERCENTAGE

Entity Name	% In Move Logic	% Wait For Res, etc.	% In Operation	% Blocked
Lamina	65.00	5.74	29.25	0.00
Vaso	-	-	-	-
Vasos	18.79	6.11	75.10	0.00
Molde vacio	15.11	0.00	84.89	0.00